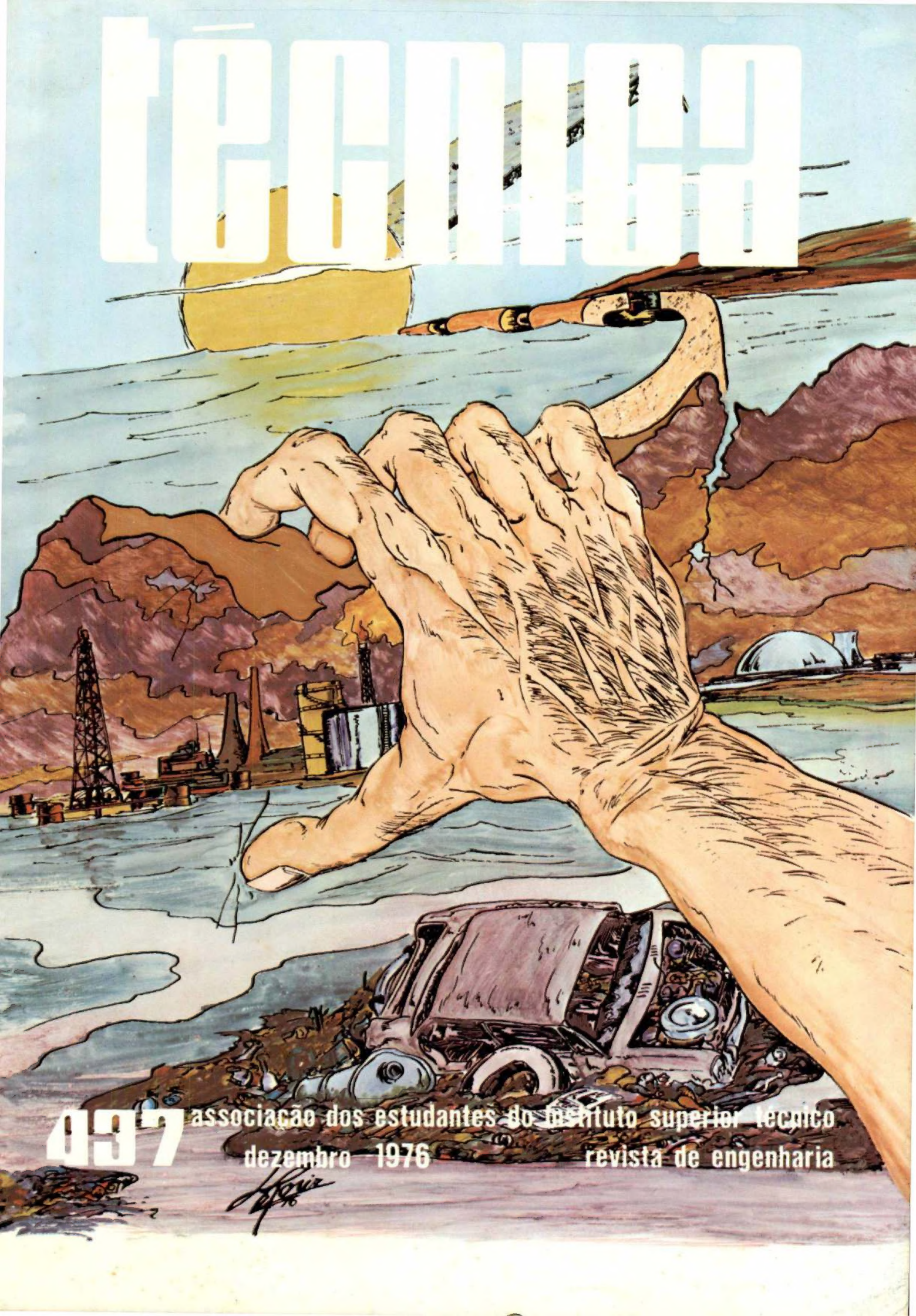
técnica



037
associação dos estudantes do instituto superior técnico
dezembro 1976
revista de engenharia

Publicidade com critério.

Anuncie na

técnica REVISTA DE ENGENHARIA

técnica

NÚMERO 437 DEZEMBRO DE 1976 ANO LI VOLUME XXXVIII PUBLICAÇÃO MENSAL

DIRECTOR

Delmar Baptista

COLABORADORES

António Maria da Fonseca
José Agostinho Marques
Jorge Braz
Armando Ruano
Manuel M. S. Anastácio
José Luís S. V. Azevedo

DIRECÇÃO, REDACÇÃO E ADMINISTRAÇÃO

Av. Rovisco Pais, I. S. T. — Lisboa
Telefone 72 93 23

PROPRIETÁRIO

A. E. I. S. T.

•

ASSINATURAS:	5 n.os	10 n.os
Continente e Ilhas	140$00	250$00
Países de língua Portuguesa e Espanha...	150$00	270$00
Estrangeiro	—	300$00
Número avulso ...	—	35$00

Não se publica em Agosto e Setembro.

Os artigos assinados são da exclusiva responsabilidade dos autores.

•

COMPOSIÇÃO E IMPRESSÃO:
OF. GRÁFICAS DE RÁDIO RENASCENÇA
Rua Duques de Bragança, 6 — LISBOA-2

SUMÁRIO

133 — J. J. D. DOMINGOS — Centro de Termodinâmica Aplicada e Mecânica dos Fluidos das Universidades de Lisboa (Breve resenha sobre a sua criação e evolução).

A brief summary of the evolution of C. T. A. M. F. U. L.

143 — J. J. D. DOMINGOS — Recursos naturais, economia e sociedade.

Natural resources, economy and society.

159 — J. J. D. DOMINGOS — O problema energético português.

The portuguese energy problem.

169 — J. J. D. DOMINGOS — Alternativas energéticas.

Energy options.

175 — J. J. D. DOMINGOS — Aproveitamento da energia solar em Portugal.

Solar energy utilization in Portugal.

183 — J. J. D. DOMINGOS — Planeamento da investigação no sector da Engenharia Mecânica em Portugal.

Planning research on Mechanical Engineering in Portugal.

187 — **M. N. R. NINA — Fenómenos de combustão com importância em Engenharia.**

Combustion phenomena ant their applications in Engineering.

191 — **J. J. D. DOMINGOS, E. MANSO e M. N. R. NINA — A calorimetric experimental furnace.**

Fornalha experimental calorimétrica.

195 — **J. M. B. LOPES — Transferência de calor em regime estacionário em chaminés (Análise e Resolução Numérica).**

Steady state heat transfer in chimneys (Analysis and Numerical Treatment).

207 — **M. TERESA PONTES — Factores do dimensionamento duma chaminé emissora de poluentes.**

Design factors of a pollutant emitting stack.

215 — **J. M. B. LOPES — Simulação numérica da congelação de peixe por circulação forçada de ar.**

Numerical simulation of fish freezing by forced air convection.

223 — **L. J. M. GUIMARÃES — As células fotovoltaicas no aproveitamento da energia solar.**

Photovoltaic cells in direct solar energy conversion.

227 — **L. F. C. RORIZ — Elaboração de tabelas de temperatura Sol-Ar para paredes, para a região de Portugal Continental.**

Sol-Ar temperature tables of walls for Portugal (Continental).

237 — J. J. D. DOMINGOS e L. F. C. RORIZ — Aplicação do método explícito-implícito em sistemas de equações parabólicas, não lineares, em domínios de geometria arbitrária.

Implicit-explicit method applied to non linear parabolic difference equations in a arbitrary geometry.

241 — H. L. G. PINA — O método dos elementos finitos.

The finite element method.

249 — A. F. de O. FALCÃO — O método das singularidades no estudo tri-dimensional do escoamento em turbomáquinas axiais.

Flow analysis in axial turbomachines by singularity methods.

257 — A. J. A. SARMENTO e J. A. F. CAMPOS — Escoamento potencial bidimensional numa cascata de perfis rectos — método da transformação conforme.

Two-dimensional potential flow through a cascade of straight blades — method of the conformal transformation.

267 — L. F. C. RORIZ — Programa para resolução de uma rede de actividade pelo método do caminho crítico.

Program for solving CPM-time.

271 — J. J. D. DOMINGOS, J. J. A. SANTOS, M. QUIRINO e A. M. N. CARVALHO — Projecto, construção e utilização de um «display» óptico «off-line».

Design, manufacture and use of an off-line optical display.

ÍNDICE ALFABÉTICO DOS ANUNCIANTES

	Pág.
Aguiar & Melo, Lda.	VI
Fanafel	IV
MAGUE	III
Novobra, Lda.	IV
Soc. Electricidade Brown Boveri...	V
Sociedade Portuguesa Cavan	II
S. K. F., Lda.	I
Sondagens e Fundações A. Cavaco	II

EDITORIAL

Após tantos anos de controvérsia acerca da investigação universitária e do seu papel na promoção social, económica e cultural do País; após os acesos debates que se seguiram ao 25 de Abril de 1974; depois das solenes declarações dos responsáveis acerca do papel do Ensino, da Ciência, da Tecnologia e da Investigação na construção de um Portugal Novo; depois de anunciadas e pontualmente decretadas algumas reestruturações parciais, é tempo de examinar o que foram, o que são e o que se propõem ser os Centros de Investigação Universitária. É tempo de examinar o que fizeram os investigadores dos recursos que o contribuinte português lhes facultou, assim como é tempo de examinar as potencialidades que se desperdiçaram, as condições que se perderam, as vocações que se destruiram. É tempo de examinar se a investigação em Portugal serve o País, ou se se serve vaidades pessoais ou de grupos que invocando ligações e prestígios mais não fazem que prolongar subserviências a pretexto de qualidade e que em nome duma (pseudo) investigação pura, sistematicamente se furtam a enfrentar e resolver problemas que seriam o teste real da validade das suas presunções. É tempo de separar o efectivamente bom do que não passa de autopromoção só possível num País em que o obscurantismo legado pelo regime anterior não permite à maioria dos cidadãos distinguir um título académico de uma competência efectiva; nem uma cópia (mesmo mal feita) de um trabalho inovador; nem uma criação original fecunda de um impotente academismo esotérico povoado de Vossas Excelências!

A investigação em Portugal, é certo, nunca foi devidamente acarinhada; mas certo é também que nunca a alguém se pediram responsabilidades. Os seus recursos foram sempre parcos, mas apesar da sua escassez houve quem recebesse bem mais do que um mínimo de equidade e preocupação de futuro poderia razoalvelmente admitir. Os centros universitários de investigação não têm em regra instalações nem equipamentos, nem meios. Porém, na relatividade em que nos movemos houve e há grupos que os tiveram há muito e continuam a tê-los. Que trabalho produziram e produzem? Vão continuar a responsabilizar por tudo o que não somos e por tudo o que não temos, um regime desaparecido que eles mesmos tranformaram nuns poucos quantos decrépitos e exilados? Vai-se continuar a culpar os de cima porque não fazem e a criticá-los quando intervêm, para que entre a culpa e a crítica paire soberana e indiscutível a sabença que ninguém mede e a responsabilidade própria que ninguém exige? Vai continuar-se, em nome do purismo e do absoluto, a nada fazer ou a tudo fazer na crítica acima, abaixo ou ao lado? Como se fosse possível uma investigação sem erro, ou realização sem falhas!

É tempo de terminar com a discussão do que é puro e aplicado. Só a quem nunca praticou realmente uma ou outra, escapa, em verdade, o ridículo de tal semântica! Tal discussão levou para fora da Universidade meios, pessoas, valores, ligação ao real que é a razão mesma de ser da investigação e do progresso. Levou também os frutrados das Universidades e os que esta escorraçou por serem capazes. Neste conglomerado de bom e mau, muitas coisas se criaram, muitos organismos ditos de investigação nasceram. Que fizeram?

É tempo de compreender que o futuro nacional não permite adiar mais. É altura de percebermos que a Universidade que temos é uma Universidade adiada e que algumas ditas novas, nascidas velhas e fortes desse adiamento, nasceram viciadas. É altura de percebermos que o País precisa de Universidades Portuguesas, precisa de investigação não resignada, precisa de capacidades actuantes e não de títulos, precisa de críticos realizadores, de inconformistas que inovem. Se o não percebermos todos, teremos oficiantes para enterros... enterro das Universidades, do ensino, enterro de instituições, enterro de um Povo porque o não quis ser.

Não há criação sem erro, inovação sem deslises. Por isto, e pelo antes escrito, sugerimos à «Técnica» que iniciasse a realização de números especiais dedicados a Centros de Investigação, em que estes publicassem um pouco do que são e do que foram e uma amostragem dos trabalhos que a sua actividade normal levaria a publicar. Um Centro que não publica, que não realiza algo palpável para a comunidade em que se insere é um Centro que vive para si e para as suas idiossincrasias com o dinheiro de todos.

Se o que o Centro faz é bom ou mau, a comunidade que o julgue. Que quem o julgue o faça com pelo menos a autoridade moral de ter feito algo mais que julgar os outros.

A «TÉCNICA», honra lhe seja feita pelos esforços dispendidos para sobreviver e inovar, aceitou a sugestão. Este número é o seu resultado imperfeito. O Centro que inicia a série é o Centro onde há mais de uma dezena de anos uns quantos procuramos fazer algo. Algo que nunca foi completo nem perfeito porque somos incapazes de o alcançar ao nível que desejamos. Algo que apesar de incompleto e imperfeito sempre aspirámos a partilhar.

Como autor da sugestão tão abertamente acolhida pela «TÉCNICA» resta-me felicitá-la e aguardar que outros Centros e outros grupos de investigadores dêem razão de ser à finalidade profunda da sugestão apresentada: que nos conheçamos melhor uns aos outros e ao que temos no País.

J. J. DELGADO DOMINGOS

SKF

A SKF não tem apenas rolamentos de esferas e de rolos .

Temos também rolamentos de agulhas

rótulas e embutes .

Evidentemente, temos do mesmo modo toda a espécie de acessórios para rolamentos.

Além disso a SKF fabrica muitos outros produtos de qualidade.

Rodas e carretos cónicos, por exemplo

Fusos roscados de rolamento de alta precisão que transformam o movimento de rotação em linear.

Fabricamos também machos cassonetes

e brocas .

O mesmo se passa com pontos rotativos .

E muitos sabem que também temos um bom Serviço Técnico.

SOCIEDADE SKF LIMITADA

LISBOA - PRAÇA DA ALEGRIA, 66-A
TELEF.: 362301 - TELEGR.: ESKAEF - TELEX: 12156

PORTO - RUA DELFIM FERREIRA, 604
TELEF.: 692054 - TELEGR.: ESKAEF

AC-M-2

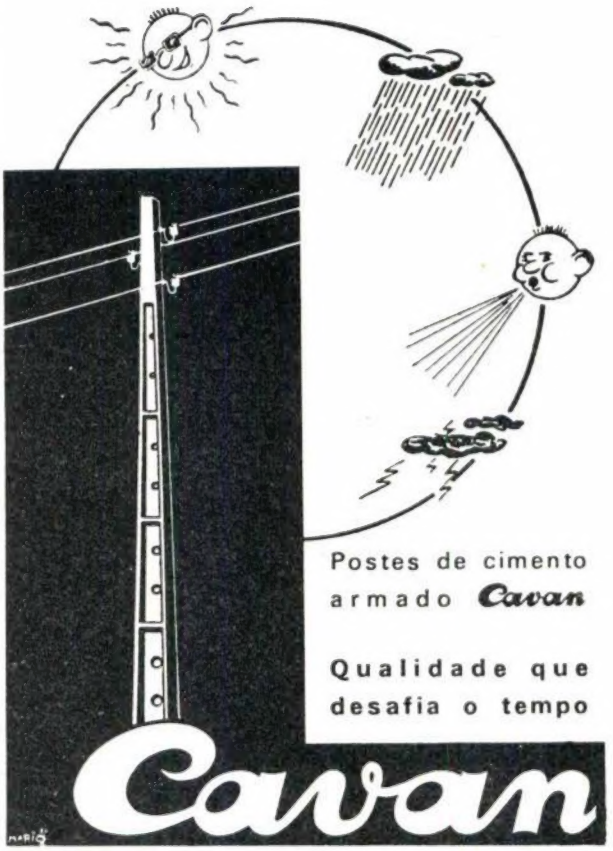
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ESTUDOS · PESQUISAS CAPTAÇÕES

Prontos para colaborar na reconstrução do País

SONDAGENS E FUNDAÇÕES A. CAVACO, LDA.

RUA RODRIGO DA FONSECA, 62 · LISBOA · 1
TEL. 56 11 71/4 · TELEX 12 476 ACAVAC P · TELEG. ACAVACO



Av. Visconde Valmor, 76-1.º - Tel. 766014 (7 linhas) Lisboa-1

Edições da Técnica

TABELA DE PREÇOS

TABELAS PARA CÁLCULO DE BETÃO ARMADO
J. S. Brazão Farinha, 6.ª edição — 1970 . . 375$00

TOPOGRAFIA GERAL
C. Xerez — 1.º vol. 2.ª edição — 1970 . . (*)
C. Xerez — 2.º vol. 2.ª edição — 1966 . . 180$00

TABELAS TÉCNICAS
Vicente e Eng.º Brasão Farinha, 7.ª edição — 1974 250$00

MANUAL DE HIDRÁULICA GERAL
A. Lencastre, 2.ª edição — 1969 . . . . 375$00

DICIONÁRIO DE UNIDADES E TABELAS DE CONVERSÃO
Vasco Costa e Osvaldo Francês, 1.ª edição — 1959 35$00

GUIA DE ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS
A. Herculano de Carvalho, 1.ª edição — 1961 90$00

CÁLCULO DE PÓRTICOS
G. Kani — Trad. da 7.ª edição alemã — 1962 75$00

MANUAL DE ESTRUTURAS
Brasão Farinha — 1.º VOLUME . . . . . (*)

BETÃO PREESFORÇADO
(A cargo dos participantes na Semana de Betão Preesforçado — I. S. T. — 1975) . . (*)

(*) LIVROS A PUBLICAR BREVEMENTE

Desconto de 10% aos assinantes

PEDIDOS À **técnica**

técnica

NÚMERO 437 DEZEMBRO DE 1976 ANO LI VOLUME XXXVIII PUBLICAÇÃO MENSAL

C. D. U. 62.001.6(09)

Centro de Termodinâmica Aplicada e Mecânica de Fluidos das Universidades de Lisboa (C. T. A. M. F. U. L.)

[Breve resenha sobre a sua criação e evolução]

J. J. DELGADO DOMINGOS

RESUMO

Apresenta-se uma breve resenha sobre o Centro de Termodinâmica Aplicada e Mecânica dos Fluidos das Universidades de Lisboa desde a sua criação até ao momento actual. Focam-se as vicissitudes mais salientes por que passou, a orientação adoptada pela sua Direcção e a inserção do Centro no panorama português da investigação. O trabalho realizado sintetiza-se na lista de publicações directamente originadas no Centro e seus colaboradores.

SUMMARY

A brief summary of the evolution of C. T. A. M. F. U. L. (Center for Applied Thermodynamics and Fluid Mechanics of the Universities of Lisbon) is presented together with the main difficulties which had and has to face, the main options of research and the reasons behind are refered. A list of publications gives a synthesis of the main work done up to now.

1. FUNDAÇÃO

O C. T. A. M. F. U. L., com a sua actual designação, existe apenas desde 15 de Outubro de 1975 e resultou do Despacho 17/75 de 21/4/75 que originou a reestruturação dos Centros do Instituto de Alta Cultura. Nesta reestruturação, o C. T. A. M. F. U. L. incorporou essencialmente o Núcleo de Estudos de Engenharia Mecânica (N. E. E. M.), o qual adoptou uma designação mais conforme com as suas linhas fundamentais de actividade. Por isso, o passado do C. T. A. M. F. U. L. é, essencialmente, o passado do N. E. E. M..

O N. E. E. M. foi criado em 1960 ligado à Comissão de Estudos de Energia Nuclear (C. E. E. N.), tendo como Director o Prof. António Gouvêa Portela, e como único bolseiro o Eng.º António F. de O. Falcão. O primeiro entusiasta e impulsionador do N. E. E. M. foi o Prof. António G. Portela, que nele procurou interessar todos os docentes do curso de Engenharia Mecânica. O N. E. E. M. foi o primeiro Centro de Estudos de Engenharia Mecânica no país, e até 1975 o único.

A criação do N. E. E. M. na C. E. E. N. seria susceptível de lhe criar possibilidades de fixação de bolseiros, condição essencial para servir e modificar como devia o panorama científico e técnico no âmbito da Engenharia Mecânica. De facto, a C. E. E. N. gozava no I. A. C. de um regime especial que lhe permitia não só contratar investigadores como facultar bolsas de estudo de montante substancialmente mais elevado que as concedidas pelo I. A. C. a outros Centros. A C. E. E. N. dispunha, além disso, de infraestruturas razoáveis de apoio técnico e administrativo. As condições especiais de que dispunha a C. E. E. N. encontram-se na origem do florescimento relativo da investigação fundamental em Química, Física, Electrónica, em todas as Universidades

do País. O N. E. E. M. não beneficiou, porém, de tais condições, pois no ano seguinte ao da sua criação passou a depender directamente do I. A. C. pelo que não era, nem seria, possível aos seus bolseiros dedicarem-se exclusivamente à investigação e à docência universitária. Com as verbas reduzidíssimas de que dispunha (o máximo excepcional até 1967 foi de ~ 150.000$00/ano, com uma média anual de ~ 50.000$00), o N. E. E. M. poucas possibilidades teve de ir além de formar uma biblioteca especializada e de iniciar trabalho experimental com equipamento pouco oneroso. Não dispunha, além disso, de quaisquer serviços próprios de apoio técnico ou administrativo, nem de instalações. O N. E. E. M., nesta fase, vivia subsidiário do Laboratório de Máquinas do I. S. T., já de si muito escassamente dotado. Durante esta fase, o N. E. E. M. vivia na base de colaboradores não remunerados. A actividade científica era sobretudo a dos assistentes do Prof. António Portela, que ele apoiava e incentivava e a quem o N. E. E. M. fornecia sobretudo elementos bibliográficos.

Apesar dos seus escassos meios, o N. E. E. M. contemplava os ramos fundamentais do curso de Engenharia Mecânica: Termodinâmica (sobretudo Transferência de Calor e Massa e Mecânica dos Fluidos), Órgãos de Máquinas e Tecnologia Mecânica. O signatário iniciou a sua colaboração no N. E. E. M., logo em seguida ao Eng.º A. Falcão, mas sem categoria de bolseiro. Importa mesmo referir que, na época, era praticamente impossível obter bolsas de estudo para Engenharia Mecânica, tanto no País como no estrangeiro. Todavia, apesar dos seus poucos recursos, o N. E. E. M. constituiu polo fundamental para o arranque da investigação em domínios inexistentes no País congregando muitos esforços de que a bibliografia publicada é um índice. Entretanto, o corpo docente do curso de Engenharia Mecânica começou a beneficiar de um saudável rejuvenescimento, a que não foi estranha a sistemática abertura de concurso de provas públicas para o preenchimento das vagas para catedrático existentes no I. S. T.. Tal orientação deveu-se sobretudo ao então Director do I. S. T. Luís Almeida Alves. Dela todo o I. S. T. beneficiou.

Entretanto, surgiram alterações na estrutura e presidência do I. A. C. Numa primeira fase, o N. E. E. M. viu as suas verbas reduzidas e as suas actividades passaram a centrar-se nos domínios em que o progresso fora mais acentuado: o da Tranferência de Calor e Massa.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 O período 1966/68 representou para o N. E. E. M. um período particularmente crítico. As bolsas de estudo no País continuavam a ter valor simbólico. Para o estrangeiro foi concedida a primeira bolsa ao Eng.º A. Falcão que aí iniciou e concluiu os seus trabalhos de doutoramento em Turbomáquinas Axiais no Departamento de Termodinâmica Aplicada da Universidade de Cambridge. As verbas para equipamento não tinham qualquer significado. Continuava-se a não dispor de serviços de apoio técnico ou administrativo. Os investigadores faziam eles próprios todas as tarefas. No entanto, o nível já atingido pelo trabalho científico em alguns domínios, permite lançar sólidas ligações com Centros e Universidades estrangeiras, as quais se vieram a revelar, posteriormente, da maior relevância. Data deste período a colaboração iniciada com o Departamento de Engenharia Mecânica do Imperial College a qual não cessou de expandir-se, sobretudo após a estadia do signatário como professor visitante no ano lectivo de 1967/68. Em Julho de 1969, o N. E. E. M. organizou o primeiro curso de extensão universitária sobre «Transmissão de Calor e Massa em Camada Limite Turbulenta» no qual colaborou o Prof. J. H. Whitelaw, que entre nós permaneceu no âmbito de um programa entretanto estabelecido com a Royal Society. Com financiamento internacional o N. E. E. M. pode então dar um impulso significativo no seu primeiro grande projecto de investigação sobre «Turbulent Mixing of Coaxial Jets». Ao Prof. António Gouvêa Portela sucedeu o signatário na Direcção do N. E. E. M.. O I. A. C. lançou então os seus concursos para projectos de investigação e a Universidade Técnica de Lisboa, no âmbito dos planos de fomento, recebeu as primeiras verbas para a criação do que veio a ser o Centro de Cálculo da Universidade Técnica de Lisboa (C. C. U. T. L.). Na criação, formação e desenvolvimento do C. C. U. T. L., desempenhou o N. E. E. M. papel relevante na formação de pessoal, apoio administrativo, etc., apesar de os seus recursos continuarem a ser neste domínio particularmente escassos.

2.2 A estreita ligação do N. E. E. M. com a recém-criada Divisão de Termodinâmica Aplicada do I. S. T. permitiram dar ao conjunto as características de um Departamento com pessoal docente-investigador profissionalizado e na sua maioria em dedicação exclusiva. Permitiu também criar, através do I. S. T., serviços mínimos de natureza técnica e administrativa, os quais continuam a constituir a infraestrutura básica do C. T. A. M. F. U. L.

2.3 As linhas fundamentais de investigação no N. E. E. M. orientaram-se no sentido do aprofundamento da Transmissão de Calor e Massa e da Mecânica dos Fluidos no contexto das equações fundamentais da Termodinâmica de Não Equilíbrio dos Meios Contínuos. Este aprofundamento culminou com a realização em 1973 do Simpósio Internacional sobre «Foundations of Continuum Thermodynamics» no qual participaram as autoridades científicas de renome internacional que mais tinham contribuído para a criação e fundamentação desta nova disciplina. A participação e organização científica estiveram a cargo de uma Comissão Científica Internacional formada por: Prof. J. J. D. Domingos (Lisboa),

Prof. P. Germain (Paris), Prof. J. Kestin (E. U. A.), Prof. J. Meixner (Alemanha), Prof. R. S. Rivlin (E. U. A.).

2.4 As ligações do N.E.E.M. com o C.C.U.T.L. foram extremamente benéficas e permitiram concretizar uma linha de orientação que foi e é uma constante da sua actividade: o tratamento das equações fundamentais que regem a transferência de energia e massa (de um modo geral os que se ligam à Mecânica e Termodinâmica do Contínuo) ao nível mais elevado da sua complexidade. Só fazendo-o a esse nível é possível alcançar simultâneamente a maior profundidade científica e a maior diversividade nas aplicações. Tais equações, porém, apresentam-se no caso geral agrupadas em sistemas de equações em derivadas parciais não lineares, normalmente de tipo elíptico e parabólico. Para a sua solução os métodos formais de matemática são insuficientes, não existindo sequer para a maioria dos casos a demonstração das condições de existência e unicidade de solução. Abordar os problemas ao nível proposto só poderia encarar-se recorrendo ao cálculo numérico e dispondo de computadores relativamente poderosos. Essa foi a via seguida, a qual, tendo-se iniciado em 1967-68 com a utilização de métodos analíticos aproximados (métodos variacionais, métodos de resíduos ponderados, etc.) veio a prosseguir com os métodos de diferenças finitas de elementos finitos e de conjugação de uns e outros.

A orientação seguida, além de ter sido pioneira, veio a revelar-se extremamente frutuosa e dinamizadora da metodologia experimental da validação. Contribuiu também de modo significativo para o prestígio internacional de que o N. E. E. M. veio a desfrutar. Tal orientação permeia hoje toda a actividade do C. T. A. M. F. U. L. Foi ela que lhe permitiu a profundidade e a versatilidade com que tem podido tratar inúmeros problemas de aplicação. Tal atitude, levou, por outro lado, à exploração máxima das capacidades disponíveis no Centro de Cálculo, motivou fortemente a aquisição e desenvolvimento de conhecimenetos em informática e electrónica digital que a grande maioria considerava inatingíveis em Portugal. Grande parte dessas aquisições são hoje património do C. C. U. L. A generalização do uso do computador nos cursos superiores de engenharia deve-lhe bastante, e o primeiro curso de Engenharia Informática em Portugal, também.

Como exemplo, entre muitos, de colaboração mutuamente estimulante, refere-se a criação de compiladores compatíveis com equipamento existente no N. E. E. M. e hoje utilizado por várias universidades estrangeiras, e a criação de um «display» óptico, do «hardware» ao «software» tornado necessário para a exploração conveniente dos enormes volumes de dados numéricos gerados pela solução dos sistemas de equações às derivadas parciais a que anteriormenet se fez referência.

Grande parte deste conhecimento e da tecnologia que gerou, tendo ultrapassado em determinado momento o âmbito restrito do N. E. E. M., foram autonomizados sempre que possível de modo a desenvolverem-se no aproveitamento máximo das potencialidades que revelaram. O N. E. E. M., ajudando-os a nascer ,teria negado a sua vocação satelizando-os.

3. SITUAÇÃO ACTUAL

As linhas fundamentais do trabalho actual do C. T. A. M. F. U. L. podem intetizar-se em:

a) Métodos de cálculo numérico em transferência de energia e masso
b) Estudo do escoamento em turbomáquinas
c) Relações constitutivas em termomecânica
d) Métodos de cálculo de fornalhas e câmaras de combustão
e) Aerodinâmica industrial
f) Desenvolvimento e aplicação de anemometria laser
g) Alternativas energéticas (Sol, vento, ondas)

Em todos os domínios existe subjacente a investigação fundamental em Termodinâmica, Transferência de Energia e Massa, Mecânica dos Fluidos e Mecânica dos Sólidos.

O pessoal docente-investigador é formado por dez investigadores doutorados ou com cursos de pós-graduação, cerca de quinze assistentes e monitores e oito colaboradores não docentes (secretaria, biblioteca e oficinas).

O sartigos que constituem este número especial da «Técnica» correspondem a uma amostragem de trabalhos originais realizados em 1975/76, que pela primeira vez se divulgam. Exceptuam-se alguns de índole geral que foram objecto de palestras ou conferências e se incluem devido ao seu interesse por uma audiência mais vasta não especializada nestes temas então insuficientemente documentados por artigos neste número. É o caso dos métodos de aplicações numéricas. Tal actividade encontra-se documentada nos artigos já publicados, de que se dá uma lista em anexo a este artigo. São estes que melhor documentam o trabalho realizado. Os artigos seleccionados para este número da «Técnica» visam dar sobretudo uma panorâmica geral da actividade presente.

4. CONCLUSÃO

Foi orientação sistematicamente prosseguida pelo N. E. E. M., hoje C. T. A. M. F. U. L., demonstrar primeiro que era capaz de fazer e solicitar depois os meios que lhe permitissem prosseguir. Mais do que palavras, contaram os actos. Destes, a lista de publicações que se segue dá apenas uma pálida ideia. Reflexos da sua actividade encontram-se em praticamente todas as Universidades Portuguesas e em particular no que à Engenharia Mecânica se refere.

A vida do N. E. E. M. não foi fácil, a do C. T. A. M. F. U. L. continua a não sê-lo, se tivermos em conta os meios materiais e humanos de que dispôs e dispõe, o trabalho que já realizou e continua realizando. Optar por fazer primeiro e pedir depois, foi optar pela via mais difícil. Foi, também, contar com a extraordinária dedicação e competência de todos os seus colaboradores do pessoal auxiliar ao investigador cientificamente mais qualificado. O C. T. A. M. F. U. L. continua a não dispor hoje de instalações nem de quadros próprios de pessoal. Todo o seu pessoal não docente, é inferior à dezena e partilha o seu trabalho entre o I. S. T. e o C. T. A. M. F. U. L.

Olhando o seu passado e as perspectivas de futuro, o trabalho que realizou, os auxílios de que dispôs e a independência que preservou intacta apesar dos múltiplos sacrifícios, o C. T. A. M. F. U. L. aceita orgulhosamente a comparação com qualquer organismo de investigação em Portugal.

Num momento em que tanto se fala de investigação ao serviço do País, de independência nacional, de progresso tecnológico, o C. T. A. M. F. U. L. pede singelamente que não o tomem como exemplo ao falar de sacrifício para imediatamente o esquecerem ao atribuir meios de trabalho. Se o N. E. E. M. não pactuou com a facilidade nem com a demagogia, o C. T. A. M. F. U. L. não só não pactuará como não deixará de exigir que a demagogia acabe, o cientismo finde... para que o trabalho comece finalmente para os que tudo foram tendo e perdulariamente esbanjando, não só na investigação como em muitos outros sectores da actividade nacional.

CURSOS DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA EM SECTORES ESPECIALIZADOS:

— Transmissão de Calor e Massa em Camada Limite Turbulenta. Julho, 1969.

— Modelos de Turbulência. Fundamento e verificação Experimental. Abril, 1970.

— Métodos Numéricos e Experimentais em Transmissão de Calor e Massa. Maio, 1972.

— Termodinâmica: Propriedades de Transporte. Julho, 1972.

— Dispersão de Poluentes na Atmosfera (Métodos numéricos e experimentais de previsão). Setembro, 1972.

— Curso Intensivo em Combustão. Dezembro, 1975.

PUBLICAÇÕES

1957

DOMINGOS, J. J. D. — Lubrificação do pé da biela em motores rápidos de combustão interna. «Técnica» N.º 274, Julho.

PORTELA, A. G. — Lógica simbólica.

1958

DOMINGOS, J. J. D. — Vibrações de um sólido com dois graus de liberdade. «Técnica» N.º 287, Dezembro.

PORTELA, A. G. — Aplicações da lógica simbólica aos sistemas eléctricos.

1959

GARNEL, C. J. F. P. e FALCÃO, A. F. O. — Estudo das forças de inércia nos motores delta de 9 e 18 cilindros. «Técnica» N.º 297, Dezembro, p. 155-169.

PORTELA, A. G. — Sistemas elásticos de n graus de liberdade. «Técnica» N.º 296.

1960

GARNEL, C. J. F. P. — Emprego dum computador electrónico automático no cálculo das forças de inércia dum mecanismo.

PORTELA, A. G. — Sistemas elásticos de n graus de liberdade. Quantificação do trabalho humano. «Técnica» N.º 300.

1961

PORTELA, A. G. — Estabilidade intrínseca e condicionada da sistemas termoestáticos. «Técnica» N.º 315.

PORTELA, A. G. — Circuito normalizado dum sistema comandado. «Técnica» N.º 310.

SILVA, J. N. da — Estudo dinâmico do mecanismo de acionamento por prato oscilante. «Técnica» N.ºs 316 e 317.

1962

DOMINGOS, J. J. D. — Problemas de Termodinâmica. A. E. I. S. T.

DOMINGOS, J. J. D. — Demonstração e generalização do teorema de Kirchoff e da equação de Clapeyron Clausius em Termostática. «Técnica» N.º 321, Outubro.

DOMINGOS, J. J. D. — Combustão do carbono em leito fixo. «Técnica» N.º 321, Outubro.

FARIA, Luciano — Os métodos de impedância mecânica e a sua aplicação na resolução de problemas de vibrações de órgãos de máquinas. «Técnica» N.º 323.

1963

CASTRO, A. E. — Previsão estática de avarias de máquinas. «Técnica» N.º 329.

DOMINGOS, J. J. D. — Condução do calor em sólidos em regime variável (solução pelo método de

separação de variáveis). «Técnica» N.º 325, Fevereiro.

DOMINGOS, J. J. D. — Estabilidade e repartição dos escoamentos em superfícies de aquecimento com circulação forçada. «Técnica» N.º 331, Outubro.

FALCÃO, A. F. O. — Resolução dum problema de condução de calor em regime não permanente em cilindros concêntricos. «Técnica» N.º 326, Vol. 26.

FARIA, Luciano — A propósito do congresso do ensino de Engenharia (a reforma da escola de minas de Nancy um exemplo a considerar).

PORTELA, A. G. — Metalógica da decisão. «Técnica» N.º 324.

PORTELA, A. G. — Formas matriciais em problema de extremos. «Técnica» N.º 325.

PORTELA, A. G. — Problemas de extremos. «Técnica» N.º 328.

SILVA, J. N. da — Dimensionamento de um oscilador mecânico de alta frequência por corda vibrante. «Técnica» N.º 324.

SILVA, J. N. da — Tratamento matemático dos movimentos vibratórios de características lineares. «Técnica» N.º 331.

SILVA, J. N. da — Sobre os movimentos vibratórios de sistemas de um grau de liberdade com elasticidade do tipo $K(x \pm \epsilon x^5)$. «Técnica» N.º 332.

1964

DOMINGOS, J. J. D. — Contribuição para uma teoria do cubilote. «Técnica» N.º 339, Junho.

DOMINGOS, J. J. D. — Caldeiras e Permutadores de Calor. A. E. I. S. T.

SILVA, J. N. da — Vibrações forçadas de sistemas não lineares com elasticidade do tipo $K(x + \epsilon x^5)$.

1965

DOMINGOS, J. J. D. — Transmissão do calor num tubo em escoamento laminar e regime não estacionário. «Técnica» N.º 352, Novembro.

FALCÃO, A. F. O. — Estudo experimental da transmissão de calor por convecção forçada numa conduta de secção anular. «Técnica» N.º 353, Vol. 28, p. 141-146.

FALCÃO, A. F. O. — O método do fio aquecido em regime transitório para a determinação da condutibilidade térmica de líquidos. «Revista Portuguesa de Química», Vol. 7, p. 65-67.

SILVA, J. R. da — Da potência bruta de um aproveitamento hidráulico à potência da turbina nele instalada (contribuição para a uniformização de designações).

SILVA, J. R. da — Traçado de diagramas de rendimento em colina para turbinas hidráulicas.

1966

DOMINGOS, J. J. D. — O mínimo de produção de entropia no escoamento uniforme dum fluido newtoniano. «Técnica» N.º 362, Novembro.

DOMINGOS, J. J. D. — As equações fundamentais em mecânica de fluidos e transmissão de calor. «Revista Portuguesa de Química», Vol. 8.

DOMINGOS, J. J. D. — Tensões num tubo elástico sujeito a variações de temperatura. «Revista Portuguesa de Química», Vol. 8.

DOMINGOS, J. J. D. — Regime não estacionário em permutadores de calor. «Revista Portuguesa de «Química», Vol. 8.

LEAL, A. B. — Um apontamento sobre séries útil para o cálculo de limites. DTA.

SILVA, J. R. da — Cálculo do golpe de ariete numa instalação elevatória utilizando o método gráfico de Schnyder-Bergeron.

1967

DOMINGOS, J. J. D. — Métodos variacionais em mecânica dos fluidos e transmissão de calor. «Técnica» N.º 371, Outubro.

FALCÃO, A. F. O. — A transient hot wire null-method for the determination of the thermal conductivity of liquids. «Revista Portuguesa de Química», Vol. 9, p. 139-146.

LEAL, A. B. — A equação do calor em coordenadas esféricas. «Técnica» N.º 368.

LEITE, A. — Convecção livre em torno de um cilindro horizontal.

MARRECAS, A. M. R. — Da teoria da fonte móvel num meio infinito. «Técnica» N.º 372, Novembro.

1968

MALTEZ, Luís — Introdução ao estudo dos sistemas. «Técnica» N.º 378, Maio.

MALTEZ, Luís — Trajectória dum sistema. «Técnica» N.º 381, Outubro.

MARRECAS, A. M. R. — Da teoria da fonte móvel num meio infinito a duas dimensões. «Técnica» N.º 381, Outubro.

TELES, J. G. — The turbulent axisymmetric wall jet. «Revista Portuguesa de Química», Vol. 10.

1969

ANTUNES, S. D. — Condução do calor em regime não permanente, de um filme para dois meios semi-infinitos. «Técnica» N.º 390, Julho.

COELHO, J. A. E. — Condução de calor numa placa em regime transiente (distribuição inicial de temperaturas não uniforme). «Técnica» N.º 391.

DOMINGOS, J. J. D. — Evolução e tendências do ensino de Engenharia (evolução da Engenharia Mecânica em Portugal). «Técnica» N.º 384, Janeiro.

DOMINGOS, J. J. D. — Efeito da variação axial da

temperatura ou do fluxo térmico no coeficiente de transmissão do calor por convecção forçada num tubo. «Técnica» N.º 385, Fevereiro.

DOMINGOS, J. J. D. — Analysis of complex assemblies of heat exchangers. «International Journal of Heat and Mass Transfer», Vol. 12.

DOMINGOS, J. J. D. — Stationary states with non-constant phenomelogical coefficients. «Portugaliæ Physica», Vol. 5, fasc. 4.

DOMINGOS, J. J. D. — Introdução à mecânica e termodinâmica dos meios contínuos. Novembro. DTA.

DOMINGOS, J. J. D. — Método dos elementos finitos para equações elípticas parabólicas. Dezembro. DTA.

DOMINGOS J. J. D. e ANTUNES, S. D. — A transient hot-wire method for simultaneous determination of thermal conductivity and thermal diffusivity. «Revista Portuguesa de Química», Vol. 11.

MALTEZ, Luís — Os sistemas no fluxo de informação.

NINA, M. N. R. — The influence of three-dimensional slot geometries on film cooling. Tese de M. Sc. Universidade de Londres, Dezembro 1969.

1970

DOMINGOS, J. J. D. — Princípios de máximo em equações às derivadas parciais de segunda ordem de tipo elíptico e sua aplicação em transmissão de calor. «Técnica» N.º 394, Janeiro.

DOMINGOS, J. J. D. — Equações fundamentais dos escoamentos turbulentos. Modelos de turbulência. Curso de extensão universitária sobre «Modelos de Turbulência e sua verificação experimental». Abril. DTA.

DOMINGOS, J. J. D. — Escoamentos turbulentos bidimensionais sem direcção dominante. Curso de extensão universitária sobre «Modelos de Turbulência e sua verificação experimental». Abril. DTA.

DOMINGOS, J. J. D. — Some mathematical aspects of the boundary-layer equations and their application to numerical solutions procedures. Seminário no Imperial College, Universidade de Londres. Junho. DTA.

DOMINGOS, J. J. D. — Numerical solution of the boundary-layer equations and some underlying mathematical principles. Seminário na Universidade de Minnesota. DTA BL/2, Novembro.

NINA, M. N. R. — Coaxial jets with swirl. Some measurements on the circular turbulent free jet. Report MN/2.

MARRECAS, A. M. R. — Equações adimensionais da fonte móvel. «Técnica» N.º 402.

1971

ANTUNES, S. D. — An introduction to hot-wire anemometry. «Técnica» N.º 407, Abril.

BELO, A. F. B. — Transmissão de calor por radiação. DTA AL/4.

DOMINGOS, J. J. D. — The fundamental equations of turbulent incompressible flows. «Técnica» N.º 406, Março.

DOMINGOS, J. J. D. — Turbulence models and their experimental verification. «Técnica» N.º 406, Março.

DOMINGOS, J. J. D. — Prediction procedures for two-dimensional incompressible flows. «Técnica» N.º 406, Março.

DOMINGOS, J. J. D. — Recirculating flows. «Técnica» N.º 407, Abril.

DOMINGOS, J. J. D. — Considérations sur le potenciel instantané des vitesses dans un écoulement de fluide visqueux. — C. R. Acad. Sc. Paris, 21 Juin 1971, Série A.

DOMINGOS. J. J. D. — Sistemas de equações às derivadas parciais não lineares. Métodos de solução numérica desenvolvidos no I. S. T.. 1.º Congresso Luso-Espanhol de Informática, Novembro.

DOMINGOS, J. J. D. — General remarks concerning a new approach to a theory of viscous fluids. DTA RC/1.

DOMINGOS, J. J. D. — The non-linear equation

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + f(\phi)(\nabla\phi)^2 = \mu \nabla^2 \phi.$$

DTA RC/2.

DOMINGOS, J. J. D. — Mach number effects in turbulent flows. DTA RC/4 — AGARD. Specialist's Meeting in Turbulent Shear Flows. London 1971.

DOMINGOS, J. J. D. — Le potenciel de vitesses d'un fluide visqueux en mouvement. DTA RC/3.

DOMINGOS, J. J. D. — Newsletter. International Centre for Heat and Mass Transfer.

DOMINGOS, J. J. D. e WHITELAW, J. H. — Turbulent mixing of coaxial jets. NATO Research Grant N.º 438.

DURÃO, D. — Experimental investigations of co-axial jets. DTA RC/5, Julho.

DURST, F. — Introduction to laser doppler shift anemometry. «Técnica» N.º 408, Maio.

DURST, F. — The application of hot-wire anemometers in low and highly turbulent flows. «Técnica» N.º 410, Julho.

FERNANDEZ, M.; SILVA, A. M.; REGOJO, C. — Propagação de chamas laminares com pré-mistura. DTA AL/1.

FILIPE, J. M. C. — Aspectos da resolução de equações às derivadas parciais de segunda ordem. DTA RC5/1.

LEAL, A. B. — Método de semi-discretização em equações do tipo rapabólico. Discretização de segunda derivada. DTA RC/7.

LEAL, A. B. — Métodos explícitos de diferenças finitas em equações parabólicas com termos de fonte. DTA RC/8.

MARQUES, J. — Estudo de escoamentos em condutas de admissão e escape. DTA AL/2.

NINA, M. N. R. e WHITELAW, J. H. — The effectiveness of film-cooling with three-dimensional slot geometries. «Journal of Engineering for Power», Outubro.

NINA, M. N. R. — The effectiveness of a two-dimensional filme-cooling slot with tapered lip. «Técnica» N.º 412, Novembro.

PACHECO, A. e COELHO, J. A. E. — Stresses in grinding wheels. International Grinding Conference, E. U. A.

PINA, H. L. G. — Análise elástica de uma placa circular com furo central submetida a um momento radial uniforme ao longo de uma circunferência. «Técnica» N.º 411, Outubro.

PINA, H. L. G. — Finite element methods in heat flow. DTA RC/6.

PONTES, M. T. — Integração das equações da camada limite por métodos numéricos. DTA RC/9.

SANTOS, A. M. M. e CASTRO, A. L. — Definição de uma linguagem matricial conversacional COMACO. 2.º Congresso Luso-Espanhol de Informática.

SANTOS, A. M. M. — Introdução ao sistema de exploração 44PS (IBM). DTA AL/3, Outubro.

WHITELAW, J. H. — Prediction procedures for two-dimensional turbulent flows. «Técnica» N.º 406, Março.

WHITELAW, J. H. e DURÃO, D. — The evaluation of hot-wire signals in highly turbulent flows. RC/10

1972

DOMINGOS, J. J. D. — Método de solução de um sistema de equações às derivadas parciais não lineares da mecânica dos fluidos. 1.as Jornadas Luso-Espanholas de Matemática. Abril.

FALCÃO, A. F. O. — Lifting line theory of axial flow turbomachines — A review. «Técnica» N.º 414, Vol. 34, Janeiro, p. 191-197.

FILIPE, J. M. C. — Guia de utilizador EPA 2015. RC/11.

SANTOS, J. J. A. — Guia de utilizador para o programa EPA 3012. RC/14.

BIZARRO, A. C. B. — Curso de introdução à electrónica aplicada em medidas de laboratório. RC/23, Junho.

DOMINGOS, J. J. D. e FILIPE, J. M. C. — A comparative study of difference schemes for the solution of

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \, \partial x_j} + \frac{\partial F}{\partial x_i}$$

Lecture. Notes in Physics, b. 90, Spainger Verlag, 1972.

FALCÃO, A. F. O. — Potential flow in linear cascades of blades with sweep. TM/3, Julho.

DOMINGOS, J. J. D. — Development of a numerical solution procedure for three dimensional turbulent flows. Euromech Colloquium 33. RC/18, Berlim, Setembro.

DOMINGOS, J. J. D. — A perturbed form of the compressible Navier-Stokes equations suitable for numerical computations. RC/20.

DOMINGOS, J. J. D. e SANTOS, J. J. A. — Solution of a Laplace and Poisson equations for Dirichlet and Neumann boundary conditions using the fast Fourier transform. 2.º Simpósio sobre as Teorias da Informação e dos Sistemas. RC/19.

NINA, M. N. R. — Um caso de associação de um mini-computador com um sistema de aquisição de dados. DTA...

SANTOS, A. M. M. e DOMINGOS, J. J. D. — Manual de utilização de subprogramas disponíveis no Centro de Cálculo da Universidade Técnica de Lisboa e Nota Prévia ao Utilizador. RC/21.

SANTOS, J. J. A. — Um programa para o traçado gráfico de curvas de nível num calculador HP 9820A-001. RC/22.

PINA, H. L. G. — Análise elástica de uma placa circular com furo central submetida a uma carga transversal uniforme ao longo de uma circunferência. «Técnico» N.º 415, Fevereiro.

DURÃO, D. — Rotor e taxa de compressão de motores tipo Wankel. «Técnica», Outubro.

MATHIEU, J. — Diffusion dans les couches limites stratifiées. RC/24.

DOMINGOS, J. J. D. — A crise do ambiente. «Técnica» N.º 417, Novembro.

1973

DOMINGOS, J. J. D. e RORIZ, L. F. C. — Dynamics of an evaporating or burning droplet. The European Symposium on Combustion. RC/26.

DOMINGOS, J. J. D.; Manso, E. e NINA, M. N. R. — A calorimetric rectangular experimental furnace. The European Symposium on Combustion. RC/27

DOMINGOS, J. J. D. e RORIZ, L. F. C. — Extensão do método de Von Neumann para a estabilidade de esquemas de diferenças finitas em equações às derivadas parciais. 2.as Jornadas Matemáticas Luso-Espanholas, Abril.

DOMINGOS, J. J. D.; SANTOS, J. J. A. e FILIPE, J. M. C. — Solução numérica de sistemas de equações às derivadas parciais não lineares de tipo parabó- 2.as Jornadas Matemáticas Luso-Espanholas, Abril.

DOMINGOS, J. J. D. — For a qualitative theory of the boundary layer. RC/28. «Portugaliæ Physica», Vol. 8.

SANTOS, J. J. A. e FILIPE, J. M. C. — Manual de utilizador do programa EPA 3020 para sistemas de equações parabólicas não lineares em três variáveis independentes. RC/29.

DOMINGOS, J. J. D. e RORIZ, L. F. C. — The prediction of trajectories of evaporing or burning droplets. 5th. International Conference of Heat Transfer, Tokyo.

LEAL, A. B. — Associação do método das diferenças finitas com o método de Ritz na solução de problemas elípticos multidimensionais. RC/31.

FALCÃO, A. F. O. — Asymptotic expansions of functions related to imaginary order Bessel functions. «Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik», Vol. 53, p. 133-134.

DURÃO, D. F. G. — Experimental investigations of co-axial jets. «Técnica» N.º 419, Janeiro.

LEAL, A. B. — Solução numérica da equação do calor num domínio tri-dimensional — Método das diferenças finitas associado com o cálculo variacional. RC/32.

1974

DOMINGOS, J. J. D. — Bases para um regulamento de chaminés de instalações de combustão. RC/33.

FALCÃO, A. F. O. — Linearized three-dimensional potential flow through a rectilinear cascade of blades. Proceedings of the 2nd. International Symposium on Air Breathing Engines. Sheffield, Março. The Royal Aeronautical Society, Londres.

FALCÃO, A. F. O. — O método das singularidades no estudo tri-dimensional do escoamento em turbomáquinas. 1.º Congresso Nacional de Mecânica Teórica e Aplicada, Lisboa, Dezembro.

DOMINGOS, J. J. D. e RORIZ, L. F. C. — Solução numérica de equações às derivadas parciais não lineares de tipo parabólico em domínio de geometria arbitrária por um método explícito. RC/35.

DOMINGOS, J. J. D. e RORIZ, L. F. C. — Solução numérica das equações completas de Navier-Stokes em domínios de geometria arbitrária. 1.º Congresso Nacional de Mecânica Teórica e Aplicada, Lisboa, Dezembro.

NINA, M. N. R. — Transporte de massa em jactos coaxiais turbulentos. 1.º Congresso Nacional de Mecânica Teórica e Aplicada, Lisboa, Dezembro.

MANSO, A. J. — Determinação das características de um convector tipo doméstico. RC/37.

FERREIRA, C. — Ensaios de funcionamento da instalação de alto vácuo construída no NEEM. RC/38.

PINA, H. L. G. — Examples of finite element method solution of elliptic P. D. E. RC/39.

PINA, H. L. G. — A finite element program for solution of elliptic P. D. E. 1.º Congresso Nacional de Mecânica Teórica e Aplicada, Lisboa, Dezembro.

DOMINGOS, J. J. D. e PONTES, M. T. — Um modelo gaussiano para a dispersão de poluentes na atmosfera. 1.º Congresso Nacional de Degradação do Ambiente Português. Combate à Poluição, Porto.

DOMINGOS, J. J. D. — From thermostatics to thermodynamics. International Symposium on Foundations of Continuum Thermodynamics, Bussaco. Publicado em «Foundations of Continuum Thermodynamics» (MacMillan).

PINA, H. L. G. — Thermodynamics and plasticity: discussion paper. International Symposium on Foundations of Continuum Thermodynamics, Bussaco. Publicado em «Foundations of Continuum Thermodynamics» (MacMillan).

DURÃO, D. F. G. e WHITELAW, J. H. — The evaluation of hot-wire signals in highly turbulent flows. «Técnica» N.º 420.

DOMINGOS, J. J. D. — Sobre a camada limite hidrodinâmica. 3.as Jornadas Matemáticas Hispano-Lusitanas, Sevilha.

BRISSON LOPES, J. M. — A comparative study of three schemes for solving nonlinear Systems of algebraic equations. RC/42.

BRISSON LOPES, J. M. — A subroutine for solving nonlinear algebraic systems of nonlinear equations (Brown's modified method). RC/43.

DURÃO, D. F. G. e WHITELAW, J. H. — Measurements in the region of recirculation behind a disc. 1.º Congresso Nacional de Mecânica Teórica e Aplicada, Lisboa, Dezembro.

DURÃO, D. F. G. e WHITELAW, J. H. — Measurements in an air jet using a laser doppler anemometer with tracking and counting techniques. 1.º Congresso Nacional de Mecânica Teórica e Aplicada, Lisboa, Dezembro.

SARAIVA, J. A. G. — Solução numérica da solidificação de uma barra prismática. 1.º Congresso Nacional de Mecânica Teórica e Aplicada, Lisboa, Dezembro.

DURÃO, D. F. G. e WHITELAW, J. H. — Turbulent mixing in the developing region of coaxial jets. «Journal of Fluid Mecanics».

DURÃO, D. F. G. e WHITELAW, J. H. — Instantaneous velocity and temperature measurements in oscilating diffusion flames. Proceedings of the Royal Society A 338, 479.

DURÃO, D. F. G. e WHITELAW, J. H. — Comparison of two frequency trackers and a counting system. Proceedings of Laser Doppler Workshop, Pardue University.

BREDERODE, V. de e BRADSHAW, P. — A note on the empirical constants appearing in the logarithmic law for turbulent wall flows. I. C. Aero. Rep. 74-03.

BREDERODE, V. de e BRADSHAW, P. — Influence of the side walls on the turbulent centre-plane boundary layer in a square duct. I. C. Aero. Rep. 74-06.

BREDERODE, V. de — Three-dimensional effects in nominally two-dimensional flows. Ph. D. thesis, Imperial College, Universidade de Londres.

PONTES, M. T. — Cálculo da chaminé principal da Refinaria da Petrosul em Sines. RC/44.

DOMINGOS, J. J. D.; NINA, M. N. R. e WHITELAW, J H. — *Foundations of Continuum Thermodynamics.* Ed. MacMillan, London, N. York.

1975

DOMINGOS, J. J. D. — Um modelo Gaussiano para a dispersão de poluentes na atmosfera. «Técnica» N.º 428.

PONTES, M. T. — Sobre a aplicabilidade dum modelo para a previsão da poluição do ar a uma região. «Técnica» N.º 428, RC/45.

SANTOS, J. J. A. — Programa para a resolução numérica da equação de Poisson em domínios rectangulares. «Técnica» N.º 428, RC/46.

DOMINGOS, J. J. D. — O Problema Energético Português. Curso Intensivo em Combustão. Dezembro.

DOMINGOS, J. J. D. — Instalações de Fins Múltiplos. Encontro Nacional sobre Política Energética, Porto. RC/49.

DOMINGOS, J. J. D. — O Homem e o Problema da Energia. RC/50.

FALCÃO, A. F. de O. — Three-dimensional potential flow through a rectilinear cascade of blades. «Ingenieur-Archiv», Vol. 44, p. 27-41.

1976

MARGARIDO R., M. — A turbulence closure of the transport equation for the probability density distributions of velocity. RC/51.

MARGARIDO R., M. — The turbulence structure of free jet flows with and without swirl. Ph. D. thesis, Imperial College, Universidade de Londres.

DOMINGOS, J. J. D. — Influence of molecular diffusivity on diffusion from an instantaneous point source in a uniform, time dependent velocity field. International Journal Heat and Mass Transfer, Vol. 19 pp. 1113-1116.

DOMINGOS, J. J. D. — O absurdo económico duma opção nuclear em Portugal. «Diário de Lisboa», Fevereiro.

DOMINGOS, J. J. D. — Central Nuclear Portuguesa: o facto consumado? «Diário de Lisboa», Março.

DOMINGOS, J. J. D. — A outra face da realidade nuclear sueca. «O Século», Julho.

DOMINGOS, J. J. D. — Centro de Termodinâmica Aplicada e Mecânica dos Fluidos das Universidades de Lisboa (Breve resenha sobre a sua criação e evolução). «Técnica» N.º 437, Dezembro.

DOMINGOS, J. J. D. — Recursos naturais, economia e sociedade. «Técnica» N.º 437, Dezembro.

DOMINGOS, J. J. D. — O problema energético português. «Técnica» N.º 437, Dezembro.

DOMINGOS, J. J. D. — Alternativas energéticas. «Técnica» N.º 437, Dezembro.

DOMINGOS, J. J. D. — Aproveitamento da energia solar em Portugal. «Técnica» N.º 437, Dezembro.

DOMINGOS, J. J. D. — Planeamento da investigação no sector da Engenharia Mecânica em Portugal. «Técnica» N.º 437, Dezembro.

NINA, M. N. R. — Fenómenos de combustão com importância em Engenharia. «Técnica» N.º 437, Dezembro.

DOMINGOS, J. J. D.; MANSO, E.; NINA, M. N. R. — A calorimetric experimental furnace. «Técnica». N.º 437, Dezembro.

LOPES, J. M. B. — Transferência de calor em regime estacionário em chaminés (Análise e Resolução Numérica). «Técnica» N.º 437, Dezembro.

PONTES, M. Teresa — Factores do dimensionamento duma chaminé emissora de poluentes. «Técnica» N.º 437, Dezembro.

LOPES, J. M. B. — Simulação numérica da congelação de peixe por circulação forçada de ar. «Técnica» N.º 437, Dezembro.

GUIMARÃES, L. J. M. — As células fotovoltaicas no aproveitamento da energia solar. «Técnica», N.º 437, Dezembro.

RORIZ, L. F. C.— Elaboração de tabelas de temperatura Sol-Ar para paredes, para a região de Portugal Continental. «Técnica», N.º 437, Dezembro.

DOMINGOS, J. J. D.; RORIZ, L. F. C. — Aplicação do método explícito-implícito em sistemas de equações parabólicas, não lineares, em domínios de geometria arbitrária. «Técnica», N.º 437, Dezembro.

PINA, H. L. G. — O método dos elementos finitos. «Técnica» N.º 437, Dezembro.

FALCÃO, A. F. de O. — O método das singularidades no estudo tri-dimensional do escoamento em turbomáquinas axiais. «Técnica» N.º 437, Dezembro.

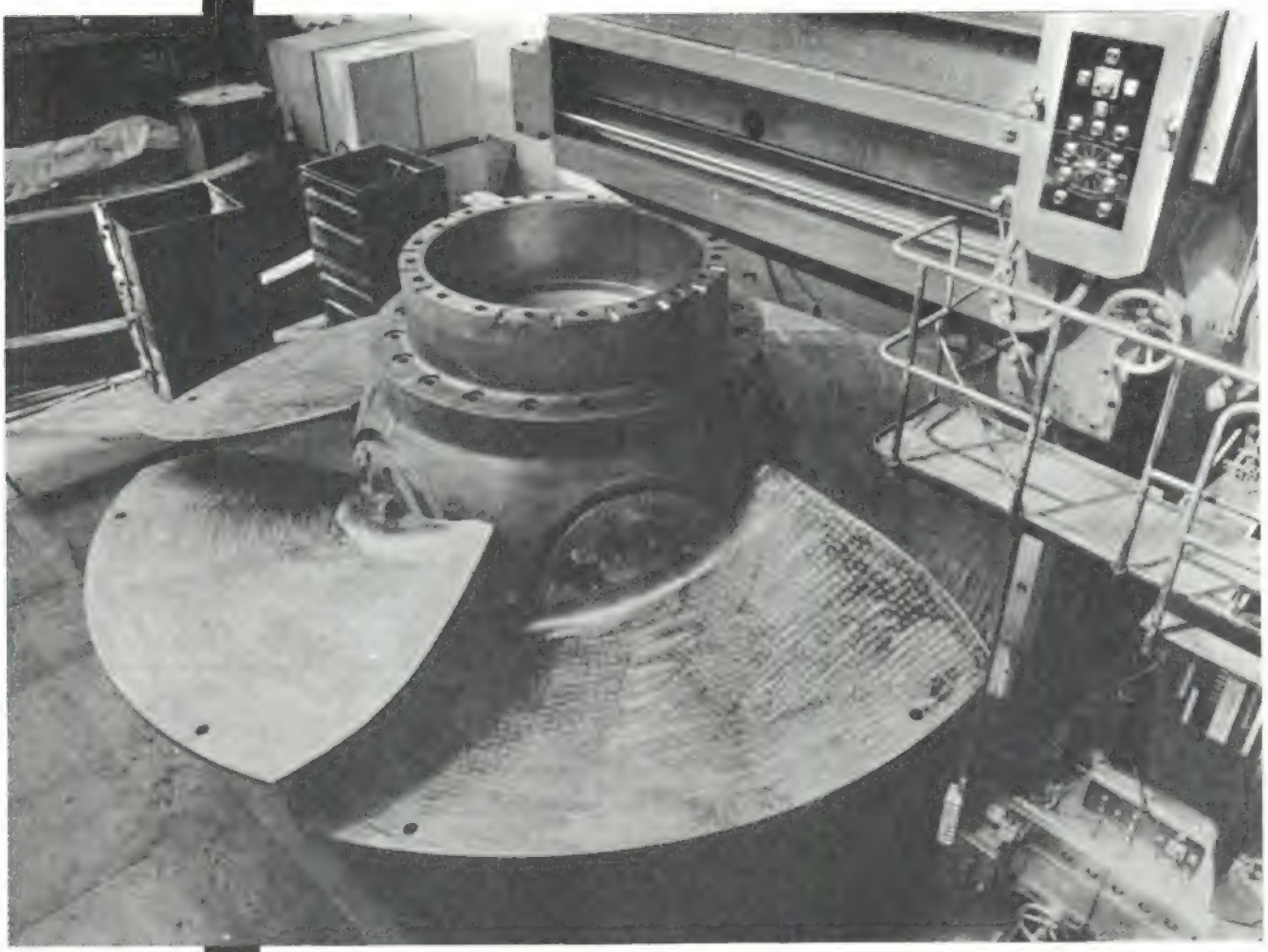
SARMENTO, A. J. A.; CAMPOS, J. A. F. — Escoamento potencial bidimensional numa cascata de perfis rectos — método da transformação conforme. «Técnica» N.º 437, Dezembro.

RORIZ, L. F. C. — Programa para resolução de uma rede de actividades pelo método do caminho crítico. «Técnica» N.º 437, Dezembro.

DOMINGOS, J. J. D.; SANTOS, J. J. A.; QUIRINO, M.; CARVALHO, A. M. N. — Projecto, construção e utilização de um «display» óptico «off-line». «Técnica» N.º 437, Dezembro.

NOTA: Um número restrito de publicações aparece referenciada em anos diferentes. Tal sucede quando o trabalho corresponde a apresentação em conferência, ou colóquio, ou curso e foi publicado em revista num ano posterior.

MAGUE



«Maquinagem das pás de 1 das 3 turbinas Kaplan de 113.740 CV para a Central da Valeira.»

PONTES ROLANTES, GUINDASTES E APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS	*Projecto e fabrico*
TURBINAS HIDRÁULICAS	*Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey, S. A.*
TURBINAS A VAPOR	*Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie.*
CALDEIRAS A VAPOR	*Projecto e fabrico segundo licença de Foster Wheeler, Co.*
EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L

ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL

DESPOEIRAGEM

FILTROS TECIDOS EM PEÇAS, PANOS, SACOS, MANGAS

DE QUALQUER FIBRA NATURAL OU SINTÉTICA

FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 52091 PBX
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

PÓRTICOS "CRENDON"

De pré-fabricacão total, montagem rapidissima feita pelas n/ equipas especializadas e de aproveitamento total de todo o espaço em altura visto não existirem linhas de asnas.

A mais vasta gama em pré-fabricados de betão.

Pavimentos, coberturas, asnas, perfis especiais, «post-esforço Losinger», pontões, vigas de grande vão, pórticos «Crendon», pavimento «Trief», protecção de segurança «Trief», mosaicos, tubos, blocos «Leca», espaçadores de betão, estacas para vinhas e pomares e pré-fabricação total ou parcial.

Fábricas em: Lisboa, Leiria, Lagoa, Guarda, Moita, Luanda, Lourenço Marques

Sede: Av. Est. Unidos da América, 100-5o. Dto. – Lisboa-5
Telefones – Serviços Administrativos: 77 48 32 - 77 29 53
Serviços Técnicos: 71 41 16/7/8 - 71 93 31/2

MEXIA HEITOR E BRASÃO FARINHA

TABELAS PARA O CÁLCULO DO BETÃO ARMADO

TECNICA

revista da associação dos estudantes do Instituto Superior Técnico

LISBOA

C. D. U. 62.9

Recursos naturais, economia e sociedade[*]

J. J. DELGADO DOMINGOS
I. S. T., C. T. A. M. F. U. L.

RESUMO

Na primeira parte do artigo examinam-se alguns aspectos da economia corrente e do planeamento e extraem-se algumas ilações para o caso nacional. Na segunda parte, apresentam-se alguns resultados da análise energética aplicados à Agricultura, à Indústria e aos Transportes e mostra-se como a crise do ambiente e a crise alimentar tem subjacente a crise da energia. Na terceira parte apontam-se algumas previsões acerca da «nova ordem económica internacional».

SUMMARY

The paper is divided in three parts. The first deals with some aspects of usual economy and planning and some warning are drawn for the Portuguese situation. The second part considers energy analysis in food production, industry and transportation and is shown how the environmental and food crisis have the energy crisis as the driving force. Third part, based on the previous data, traces shortly, a prediction for the «new international order in economy».

I PARTE

1. ALGUNS DADOS

O 25 de Abril de 1974 surgiu na altura da maior crise económica que se verificou no Ocidente após o quase colapso dos anos 30. Nos anos 30 surgiu em Portugal o fascismo. Na América o «New Deal» de inspiração keynesiana.

Em 1976, a crise económica geral continua, apesar das constantes e optimistas declarações em contrário. Paul Samuelson, comentando recentemente («Newsweek», 18.10.76) a revisão para menos do crescimento do P. N. B. nos E. U. A. previsto para 1976, apelidava-a de excessivo nervosismo económico. A verdade é que em Setembro os preços subiram mais do que em qualquer mês anterior e o desemprego aumentou. Em Inglaterra, a libra caiu como nunca, e um colunista da conspícua «Newsweek» interrogava-se sobre se a presente situação inglesa significava decadência ou maturidade («Newsweek», 1.11.76). Será bom, pois, não nos iludirmos e encarar na perspectiva adequada o receituário proposto pelas eminências económicas que em Outubro de 1976 vieram a Lisboa dizer-nos como salvar a nossa economia. Ao ouvi-los, julgaríamos estar em 1960, e que o 25 de Abril fora em 1958. Como estamos em 1976 e como as suas concepções e metodologias assentam nas economias dos seus hiper-industrializados países, seria altura de perguntar porque não funcionam nos seus países tais receitas e por que razão haveríamos nós mais uma vez de ser cobaias. Será que, por se ter nos anos 30 desembocado no fascismo, vamos em 1976 optar pelo «New Deal»?

No final de Outubro assisti à interessante conferência de um alto responsável do Planeamento na Electricidade de Portugal; imperturbável e seguro, admitiu que o nosso crescimento dos consumos de electricidade se poderia considerar como seguindo taxas análogas às verificadas nos países actualmente «desenvolvidos», quando eles tinham as capitações de consumos que em 1975 se verificaram entre nós!

Em múltiplas declarações oficiais tem-se afirmado que a base fundamental da nossa recuperação se encontra na indústria mecânica pesada e na química, as quais, incentivadas, serão o motor da nossa marcha acelerada para o «desenvolvimento» económico. São indústrias capital-intensivo. Entre elas Sines. Sines, que pelo menos um dos especialistas estrangeiros que esteve na Gulbenkian condenou.

Entretanto, no seu último Boletim, correspondente ao primeiro trimestre de 1976, a Direcção-

(*) Texto de um seminário na Faculdade de Economia da Universidade do Porto efectuado em 5.11.1976.

-Geral dos Combustíveis informa-nos que durante esse trimestre as nossas refinarias apenas estiveram aproveitadas em 65 % da sua capacidade. Apesar disso, importamos fuel-óleo, gasóleo, etc. A frota petroleira nacional, embora possua capacidade excedentária relativamente às necessidades do mercado interno apenas assegurou 71 % do total. Em 1975 assegurava integralmente o referido transporte.

A listagem de factos e acontecimentos significativos poder-se-ia estender por longas páginas. As mesmas perguntas não cessariam de reforçar-se:

— será que nada se alterou na economia ocidental de 1960 para cá? Será que as sucessivas crises dos últimos anos (energia, recursos, ambiente, inflação, estagnaflação, etc.), são meros e insignificantes acidentes de percurso a colocar entre parêntesis e ignorar?
— será que a economia mundial, com particular relevo para a dos «amigos» do Ocidente connosco, nos vão criar condições tais que tudo irá passar-se como se estivéssemos em 1960? E se o fizesse, quando deixaria de o fazer? Isto é, quando é que nos fariam acordar para a realidade concreta do mundo que nos cerca?

No seu esquematismo, tais perguntas parecerão absurdas, ou mesmo ridículas. Não é verdade que todos os políticos nacionais preconizam o realismo na apreciação dos problemas e o pragmatismo na sua solução?

Examinemos, porém, as análises de situação que vêm produzindo e as medidas concretas que vêm propondo ou aplicando. Que concluimos? Pessoalmente, não creio que as boas intenções cheguem. Também não bastam as declarações solenes de que estamos num mundo em crise se continuarmos a planear e conceber usando metodologias e instrumentos que ignoram no seu âmago a crise de que tanto falam. Tal crise, não é algo de conjuntural e passageiro; os factos aí estão a demonstrá-lo. O pragmatismo e o realismo estão na compreensão das causas profundas duma crise, e na antevisão da sua trajectória. O pragmatismo está na aplicação concreta de medidas de fundo e não na proliferação de medidas conjunturais contraditórias, que inelutavelmente se repercutirão na trajectória futura. De facto, a melhor prática sempre foi a que se alicerça na teoria mais sólida.

2. ECONOMIA E PLANEAMENTO

De acordo com E. F. Schumacher, depreende-se de alguns escritos de Keynes que ele não aspirava para os economistas mais do que uma profissão respeitável, semelhante à dos dentistas. Ele próprio tinha a clara consciência dos limites estreitos de validade em que se movia a ciência nascente da economia. Na sua lucidez, sabia que nunca a economia poderia aspirar ao rigor explicativo e preditivo da física, no domínio da sua aplicação. Esta verdade elementar foi esquecida. Os economistas subiram aos mais altos escalões da política e na sua preocupação de quantificar, rejeitaram tudo que se não exprimisse em números. E mesmo quando a previsão económica se exprime em números, não deixa de ser impressionante o modo como sobre os mais frágeis pressupostos se elaboram os mais refinados e sofisticados modelos matemáticos. Como se o rigor matemático ou a espantosa capacidade manipulativa de equações oferecidas pelo computador, pudesse conferir solidez à fragilidade das hipóteses base, com as quais a Matemática não tem nada que ver. Sobre dados ou hipóteses absurdos, a Matemática só pode produzir resultados absurdos, embora matematicamente correctos.

Um pequeno exemplo: a comunidade europeia do carvão e do aço iniciou em 1960/61 um elaboradíssimo estudo destinado a fornecer resposta a virtualmente qualquer pergunta relativa a combustíveis e energia em países do Mercado Comum no período de 1961-1975. No relatório afirma-se que em 1970 o preço CIF do carvão americano nos portos do mar do Norte seria «cerca de $14,50 por tonelada»; o relatório especificava que «cerca de $14,50» significava entre $13,75 e $15,25, isto é, uma margem de incerteza de $1,5 (± 5 %). A verdade foi algo diferente. Em 1970 os preços CIF reais foram $24 e $25 para aquele carvão. Baseados nesses e noutros factos concluiam que, em 1970, uma produção de 125 milhões de toneladas nos países da comunidade seria competitiva. A realidade foi uma produção de quase o dobro! Os dados anteriores são de E. F. Schumacher, que foi consultor económico da C. E. C. A. e criticou tal metodologia em artigo publicado no «Economic Journal» em 1964. Ele próprio afirma ainda:

> «Está na moda admitir que ter alguns números acerca do futuro é melhor que não ter nada. Para obter números acerca do desconhecido, o método corrente é produzir um palpite acerca de uma coisa ou outra — chamando-lhe uma hipótese — e deduzir uma estimativa por um cálculo subtil. O resultado é então apresentado como o resultado de um raciocínio científico, como algo de muito superior a simples trabalho intuitivo (não o sendo!). Esta prática perniciosa pode conduzir aos mais colossais erros de planeamento...»

Ao fazer a citação e os comentários que a antecederam, não pretendo, de modo algum, condenar ou subvalorizar a importância e o valor dos métodos quantitativos e as enormes vantagens que um modelo matemático adequado intrinsecamente possui. O que me parece fundamental, sobretudo no nosso país, é não permitir que se apresente como resultado indiscutível e de valor científico algo que não é mais que a manipulação sofisticada de hipóteses arbitrárias. É nesse caso mais barato e mais honesto,

apresentar os palpites... pois o valor será idêntico ao dos resultados saídos do computador.

Esperemos que, por exemplo, no prometido livro branco sobre a opção nuclear as hipóteses e os modelos venham claramente explicitados para se acabar de vez com certas mitologias.

3. PRINCÍPIOS INCONTROVERSOS

Em física, os princípios possuem hierarquias no sentido em que alguns englobam todos os outros, ou abarcam domínios mais amplos. A base para o estabelecimento dos princípios é a da exaustiva verificação objectiva experimental, e a da consistência interna e previsiva. A exigência factual, demonstrável, permite um rigor não alcançado noutros ramos do conhecimento, nomeadamente a Medicina, a Biologia e a Economia. E se espectaculares avanços da Medicina e da Biologia resultaram da aplicação nesse domínio dos conhecimentos adquiridos nas ciências físicas, não vemos por que razão deve prescindir-se do seu uso nos outros domínios em que é aplicável. A Economia tem tratado as ciências físicas de modo peculiar. As ciências físicas, e o seu braço aplicado — a Tecnologia — são um instrumento privilegiado de produção. Por outro lado, o espectacular sucesso tecnológico a que assistimos como que radicou a ideia de que, fornecidos os meios financeiros adequados, tudo pode ser obtido. Trata-se de perigosa miopia, de que se encontram flagrantes exemplos em governantes, políticos, gestores e... em economistas célebres. Exemplo significativo que encontrei foi um Nobel da Economia, Paul Samuelson, ao abordar na sua célebre «Introdução à Análise Económica», os problemas do ambiente, da poluição e da qualidade de vida. Analisar o como e o porquê de tal atitude, que também se encontra em Marx e Engels, levar-nos-ia a algumas verificações interessantes. Acrescentemos que o vício do raciocínio se iniciou com a ideia de que os recursos físicos da Terra são inesgotáveis e se prolongou na atitude de que o Homem nunca destruiria a base mesmo da sua existência física fosse qual fosse a sua intervenção sobre a Natureza. Por outro lado, consoante a perspectiva histórica ou ideológica, existe o pressuposto implícito de que o Homem é capaz de resolver todos os problemas que lhe surjam, sem limitações de qualquer espécie. Os protagonistas dessa atitude desconhecem que tal proposição se contradiz a si própria e à evidência factual em que se baseia. Efectivamente, não pode argumentar-se com o exemplo das realizações científicas e tecnológicas que o Homem realizou para inferir que nesse domínio tudo lhe é possível, e simultâneamente esperar que os princípios científicos fundamentais em que tais realizações se basearam sejam transformados na sua negação. Admiti-lo é entrar no domínio do sobrenatural utópico. Continuar a ignorar o absurdo, só poderá conduzir à catástrofe.

Sem entrar em extensas considerações epistomológicas, direi que entre os princípios fundamentais se encontram o primeiro e o segundo princípios da Termodinâmica. O primeiro afirma a conservação da energia e matéria. O segundo, mais subtil e de implicações mais complexas, rejeita o moto-contínuo a nível macroscópico no Planeta; afirma que na transformação de energia de uma forma a outra há sempre uma fracção convertida em calor; determina a impossibilidade de certas reacções químicas, etc. Como a mais vulgarizada consequência do segundo princípio é a impossibilidade da conversão total do calor noutras formas de energia, e a fixação de um limite máximo a essa conversão em função das temperaturas extremas, para uns quantos o segundo princípio esvazia-se nos motores térmicos, na descoberta da máquina a vapor e nas implicações que teve na revolução industrial. As implicações são, porém, muito mais vastas. Entre elas a de que não é possível efectuar no Planeta transformação alguma que não envolva um fluxo de energia e o concomitante aparecimento de calor (se não é de puros fluxos caloríficos que se trata). A de que não é possível a existência de seres vivos sem que um fluxo constante de energia se processe através deles. Finalmente, que a vida sobre a Terra só é possível porque o Planeta recebe continuamente um fluxo de energia proveniente do Sol, energia essa que reenvia em valor sensivelmente igual para o espaço exterior.

O conceito de conservação decorre imediatamente do conceito de *balanço*. Este conceito é-nos familiar sob múltiplas formas. A variação da quantidade de dinheiro que tenho na carteira ao fim do dia é igual ao dinheiro que recebi durante o dia, menos o dinheiro que gastei durante o dia. Para fazer um balanço, escolho uma unidade de tempo (o dia por exemplo) e defino uma fronteira fechada (a minha carteira). Conto as quantidades que saiem pela fronteira, e as que entram durante esse período de tempo. A diferença entre as duas é um saldo. Se a quantidade de que estou a fazer o balanço não se cria nem se destrói dentro da fronteira, digo que essa quantidade se conserva. Para o cidadão comum, a massa monetária é uma quantidade conservada. Para o Banco de Portugal não é!

O mesmo conceito aplica-se à energia e à matéria. Se contabilizar toda a matéria que entrou no meu corpo durante um mês (os alimentos que ingeri, o ar que inspirei, etc.), e toda a que saiu (o suor, a urina, os dejectos, o «ar» expirado, etc.), o saldo destes fluxos ao fim de um mês dará a minha variação de «peso» nesse período.

Estabelecidos os conceitos e garantido por toda a ciência conhecida a validade dos princípios, podemos através deles estender a análise a entes mais vastos. É o que faremos a seguir.

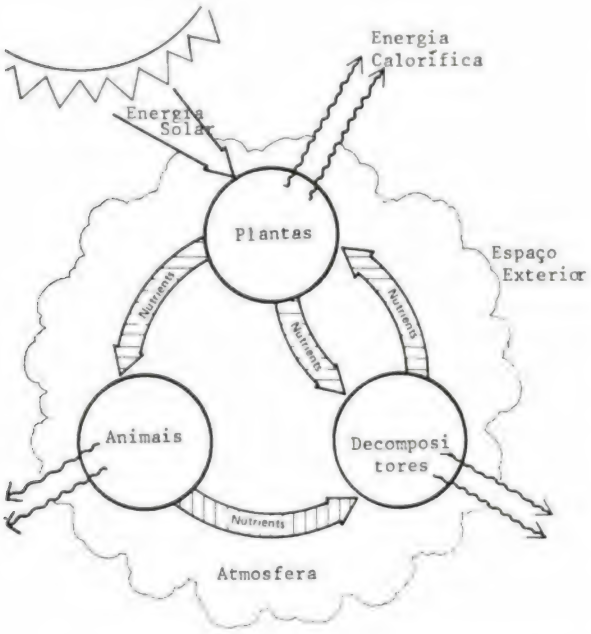
II PARTE

1. BALANÇO ENERGÉTICO DO PLANETA TERRA

O Planeta Terra é um sistema termodinâmico fechado (não permuta praticamente matéria com o Universo exterior). Não é, todavia, um sistema isolado, pois recebe continuamente do Sol um fluxo de energia, que reenvia em quantidades muito próximas para o espaço exterior.

Pelo primeiro Princípio da Termodinâmica, toda a energia se conserva. A energia transforma-se, muda de forma, mas não se cria nem destrói. Para todos os efeitos práticos a matéria também se conserva (*).

Esquematicamente:



Em termos mais rigorosos ,o balanço energético do Planeta, como um todo, exprime-se pelos seguintes valores, estimados por King Hubert [Scientific American — Energy and Power — 1971]

Fluxo de Energia à Superfície (recebido)

Do Sol	173.410×10^9 Kwatts
Do interior da Terra	32×10^9 Kwatts
Das marés (energia gravitacional)	3×10^9 Kwatts
Total	$173.435,10^9$ Kwatts

A energia recebida do Sol corresponde pois a ~ 99,98 % do total.

A energia recebida do Sol reparte-se por sua vez do seguinte modo:

Repartição do fluxo energético recebido do Sol (10^9 Kw)

1 — Directamente reflectida (pequeno comprimento de onda)	52.000 ~ 30%
2 — Convertido em calor (na atmosfera, solo, oceanos)	81.000 ~ 47%
3 — Evaporação, precipitação, etc.	40.000 ~ 23%
4 — Ventos, ondas, correntes	370
5 — Fotossíntese	40
Total	173.410 Kw

Com excepção da energia directamente reflectida e de uma pequena parte armazenada nas plantas através da fotossíntes, toda a energia recebida é finalmente reenviada para o espaço exterior sob a forma de radiação de pequeno comprimento de onda.

2. O SER VIVO

Pelo segundo Princípio da Termodinâmica, *um sistema isolado* tende inelutavelmente para a desorganização máxima, para o caos, para a entropia máxima possível. Num sistema global, repartido em subsistemas, é possível aumentar a organização num subsistema, isto é, reduzir a sua entropia ou aumentar a sua ordem à custa do aumento de entropia noutros subsistemas. Tal é possível através de fluxos de energia. Um ser vivo é uma estrutura organizada que podemos considerar como um subsistema.

Tal organização no ser vivo só é possível através de um fluxo contínuo de energia e de matéria. As reacções químicas que caracterizam a sua existência são apenas possíveis entre limites bem determinados de temperatura. Todavia, acentuamos, só é possível fluxo de matéria no ser vivo, porque existe disponível um fluxo de energia. Como um todo, a matéria conserva-se no Planeta, verificando-se na ecosfera uma reciclagem contínua. O motor desta reciclagem é fundamentalmente a Energia Solar.

3. ECOSISTEMAS NATURAIS E CADEIAS ENERGÉTICO-ALIMENTARES

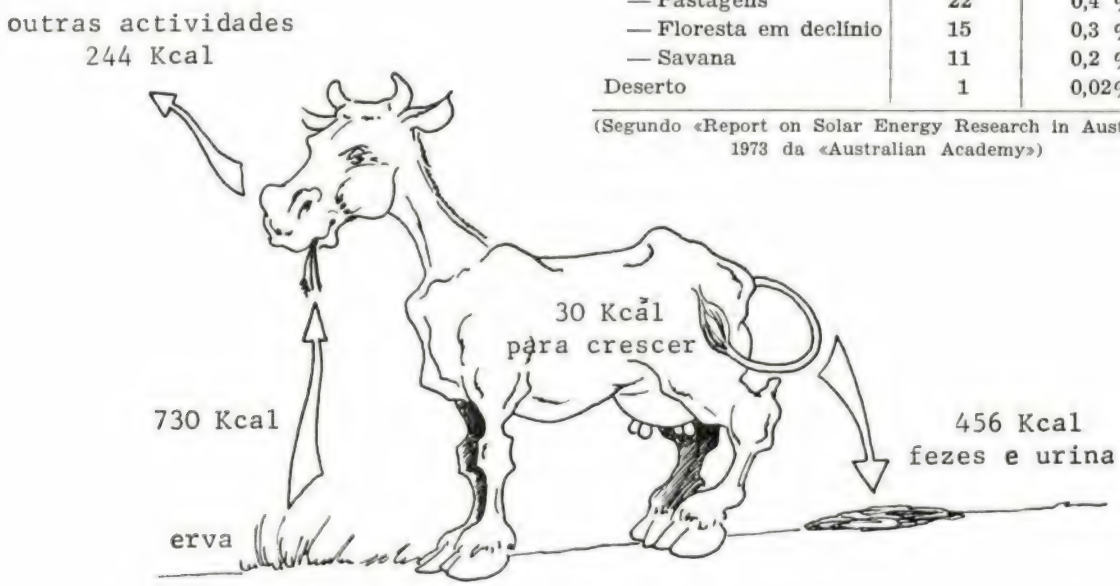
Nos ecosistemas naturais, as trocas de matéria com outros sistemas são pequenas. A reciclagem das matérias que o constituem tem como motor a energia

(*) Em termos rigorosos conserva-se a soma energia + matéria.

solar recebida. O ecosistema atinge o seu equilíbrio(1) quando a energia que fixa, através da fotossíntese, iguala a energia que perde através da respiração.

Num ecosistema toda a energia utilizada provém da fotossíntese que se realiza nas plantas com clorofila. As outras plantas e todos os animais na base da pirâmide alimentar, recebem a sua energia através dos alimentos vegetais que ingerem. Os carnívoros vão buscar a sua energia aos hervívoros, que por sua vez a receberam das plantas. Neste processo, todavia, a energia útil transmitida é cada vez menor. Embora a energia total se conserve, a energia retida pelo animal é só uma pequena fracção.

Como ordem de grandeza, consideremos uma vaca:



Num carnívoro, a energia aproveitada da carne que comeu, é por sua vez uma fracção pequena da energia nela contida. Por isso, ao progredirmos na cadeia alimentar, a fracção utilizada da energia solar fixada pelas plantas é cada vez menor.

O Homem é omnívoro. Pode obter o seu conteúdo energético através de alimentos vegetais, ou através da carne de outros animais. Em termos energéticos, a primeira via representa uma utilização muitíssimo mais eficaz da energia solar que é, em última análise, a fonte de energia que lhe permite viver.

Para que as afirmações qualitativas anteriores permitam uma melhor apreciação, vejamos alguns valores indicativos quanto a rendimentos de conversão de energia solar em energia química armazenada nas plantas (2):

Cultura	Matéria sintetizada por hectare/ano	Percentagem da energia solar recebida que foi fixada pela planta
Clima Tropical:		
— Junco	88	1,6 %
— Cana de açúcar	66	1,2 %
Clima Temperado:		
— Cereais anuais	22	0,4 %
— Pastagens	22	0,4 %
— Floresta em declínio	15	0,3 %
— Savana	11	0,2 %
Deserto	1	0,02%

(Segundo «Report on Solar Energy Research in Australia», 1973 da «Australian Academy»)

Os valores anteriores são indicativos, pois dependem do tipo de culturas, região, etc. Todavia, valores de 5 % na conversão da energia solar incidente parece ser o máximo até agora alcançado e em condições laboratoriais.

Consideremos agora valores indicativos do rendimento na conversão energética dos alimentos em carne, efectuada por alguns animais.

(1) Equilíbrio num sentido dinâmico, não no de estático, parado.

(2) Estes valores (tais como os das figuras, quadros ou tabelas que figuram neste artigo) são valores aproximados. Não houve a preocupação de eliminar eventuais discrepâncias para que não se infira um rigor que não possuem em absoluto. Os números apontados correspondem, todavia, a condições bem determinadas, que podem encontrar-se nas referências citadas. Não cabe, num trabalho desta natureza, discutir em pormenor as diferenças que necessariamente existem. Por isso os números são considerados indicativos.

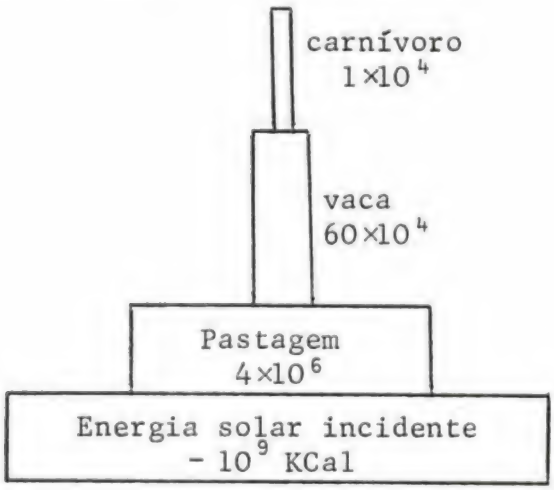
Na segunda coluna apresenta-se o rendimento da conversão proteica.

Animal	Rendimento energético na conversão	Rendimento da conversão proteica
Cadela em gestação	25 %	
Vaca	14-19 %	9-11 %
Leite de vaca:		
— (média de 3 lactações)	30 %	17 %
— (média durante a vida)	14 %	18 %
Borrego	10 %	6 %
Porco	34-40 %	14-16 %
Frango	12-16 %	12-14 %
Truta (tanque)	17 %	
Lúcio jovem	40 %	

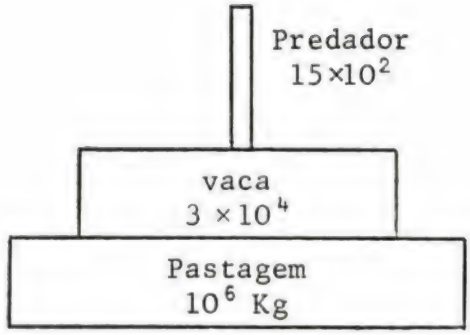
(Segundo W. B. Yapp — Production, Pollution, Protection, 1972)

Apesar do valor necessariamente aproximado dos valores apresentados, torna-se imediatamente claro o desperdício da energia recebida pelo Sol à medida que se sobe na cadeia alimentar. De igual modo se degrada a conversão da matéria(1) quando se sobe na cadeia, assim como se reduz o número de indivíduos em cada nível.

Esquematicamente, temos as pirâmides da energia e da matéria:



Piramide de Energia



Piramide de Matéria

e podíamos ainda considerar uma pirâmide de números em que o número de seres em cada nível sofre diminuições consecutivas.

Apesar dos valores muito baixos da conversão da energia solar pela fotossíntese, conversão essa que é a base da vida, os seguintes valores, estimados por Boardman e Lakum (Energy Exchange in the Living World — 1974) merecem ser referidos:

Tomando como valor de referência a energia utilizada pela Humanidade em 1970, a energia solar anualmente fixada pelas plantas é 10 vezes superior e as reservas fósseis conhecidas são 1000 vezes maiores. Estes números devem ser encarados com as reservas inerentes à incerteza das estimativas. Apesar disso, as ordens de grandeza contêm uma perspectiva que não pode ser esquecida, pois as reservas fósseis esgotam-se a ritmo sempre crescente, e a energia solar não.

4. O HOMEM E A FABRICAÇÃO DE ECOSSISTEMAS

A partir do momento em que o Homem aprendeu a manipular fluxos energéticos, adquiriu a possibilidade de actuar directamente no ecossistema e alterá-lo.

Inicialmente caçador errante, alimentando-se de carne e frutas selvagens, com a descoberta da agricultura o Homem passou a ser capaz de fixar energia solar através das plantas que cultivava. Domesticando animais de tiro, pôde converter a energia química armazenada nas plantas em energia mecânica. Tal progresso originou o seu agrupamento em comunidades fixas e, com o aparecimento do comércio, o Homem alterou a reciclagem de materiais no ecosistema local onde se encontrava, na medida em que desse ecosistema passou a extrair matéria que

(1) Desperdiça no sentido em que de uma certa quantidade de alimentos no início da cadeia alimentar, a matéria retida pelo animal diminui à medida que se sobe na cadeia ou nos níveis tróficos. Isto sucede porque a forma pela qual a matéria é absorvida pelos animais varia com o nível trófico. Há assim uma transformação dos alimentos de uma forma a outra. A erva comida por uma vaca é por esta convertida em carne. Um carnívoro pode assimilar carne mas não erva, etc.

Obviamente, a quantidade total de matéria (abstraindo da forma em que se apresenta) mantém-se constante no Planeta.

exportava para outros ecosistemas. O seu impacto foi, inicialmente pequeno porque a população era diminuta e os ecosistemas não se ressentiram apreciavelmente. Por outro lado, além da energia que obtinha dos animais e o obrigavam a cultivar áreas crescentes, o Homem dispunha já da energia calorífica da queima da lenha. Não sabia era transformar esta energia em trabalho mecânico. Ela permite-lhe, todavia ,a fabricação de utensílios metálicos. Descobre posteriormente como utilizar a energia hidráulica, dos ventos, etc., e aparecem as manufacturas. Paralelamente, aumenta a produção de alimentos e a população cresce. Descobre, depois, como transformar a energia calorífica em mecânica: apareceu a máquina a vapor. Inicia-se a revolução industrial. Com a revolução industrial as quantidades de energia que pode manipular crescem consideravelmente, *pois passou a saber usar os combustíveis fósseis os quais resultaram da energia solar acumulada ao longo de milhões de anos através da fotossíntese.*

Com a mecanização da agricultura, o número de animais de trabalho decresce, aumentando a produção primária para a alimentação humana. Os ecosistemas locais, porém, foram sendo perturbados em escala sempre crescente. A reciclagem local foi abalada em grau acelerado porque fracção crescente dos materiais que formavam o ciclo local foram transportados para outros sítios. Era pois necessário trazer de outros locais os produtos minerais necessários para manter ou aumentar a produtividade do solo agrícola utilizado. Surgem assim os fertilizantes. Surge também a monocultura, surge o ecosistema fabricado de acordo com ideias preconcebidas. O equilíbrio local foi destruído. Com o crescimento económico, a industrialização e o crescente desprezo pelas leis da Natureza, o processo de desequilíbrio foi-se agravando e os efeitos secundários surgem de modo cada vez mais alarmante. O Homem descobre que o Planeta é finito e que a sua intervenção sobre a Natureza tem limites.

Preocupado com o cancro, talvez o Homem aprenda a lição das células cancerosas. As células cancerosas parece terem como única finalidade crescer. Crescem à custa das restantes. Crescem ignorando limites, até que o organismo de que vivem morre devido a esse crescimento. As células cancerosas morrem com ele.

5. FLUXOS DE ENERGIA E MATÉRIA MANIPULADOS PELO HOMEM À ESCALA DO PLANETA

A dimensão dos (sub)ecosistemas naturais era relativamente diminuta à escala do Planeta, no sentido em que a interdependência dos múltiplos sub-ecosistemas parciais que formam a ecosfera era pequena. Deste modo, a destruição de um, não arrastava a destruição de todos. Uma forte interdependência é hoje a regra. A agricultura dos países industrializados assenta nos combustíveis fósseis, não só quanto à energia como aos fertilizantes, aos pesticidas, à indústria. A utilização maciça de pesticidas, provoca efeitos colaterais destrutivos cada vez mais extensos.

A utilização crescente de combustíveis fósseis representa um fluxo crescente de energia dos países produtores para os utilizadores. Com essa energia vão também as matérias-primas para os fertilizantes e para a indústria. Significativamente, é nos países maiores consumidores de combustíveis fósseis que as produções agrícolas por hectare são maiores, e são alguns destes, como os E. U. A., que posteriormente exportam produtos alimentares para os subdesenvolvidos. Em termos puramente físicos tal situação é aberrante, como aberrantes são, aliás, todos os imperialismos. Naturalmente, os fluxos de matéria e energia são desiguais: em termos de energia ou de matérias-primas em bruto, as quantidades recebidas são muito maiores que as exportadas, quando medidas em unidades físicas de Kwh ou de Kg. Em termos financeiros é obviamente o inverso. Implicando sempre a utilização de energia uma degradação na qualidade (1), e a transformação de matérias em produtos, uma produção de resíduos, a «crise do ambiente» e a «poluição» surgem naturalmente nos importadores. Mas o lucro compensa tudo e vai descobrindo o modo de retirar aos explorados os benefícios e de lhes deixar a poluição. Citem-se, por exemplo, as celuloses...

Aparentemente, a crise do ambiente (de que a poluição é o aspecto mais visível) e a crise da energia são fenómenos distintos. Encaradas, como muitas outras, na óptica das leis fundamentais da física e em particular da termodinâmica, e não esquecendo as teorias económicas e seus mitos, as crises sucessivas e as que vão seguir-se-lhe ganham uma perspectiva clara e unificadora. Depois de tão violada, a Natureza impõe as suas leis. E as sociedades humanas irão moldar-se a elas.

O que se verifica no presente, é que o crescimento exponencial do consumo e da produção, acelerando os efeitos, permite assistir a alterações no período de uma geração que anteriormente só se processavam ao longo de séculos. É também esta alteração que obriga, por razões de sobrevivência a olhar muito mais longe no futuro e a não permitir as mínimas falhas de opção no presente. Encontramo-nos um pouco naquela situação de guiar de noite um automóvel a 120 km/h, com os faróis de um carro de 1900. Enquanto não usarmos faróis que iluminem à distância, se não queremos abrandar a velocidade, também não podemos ter as mínimas falhas de reflexos. Mas se a velocidade ultrapassa a capacidade dos reflexos e não abrandamos... o desastre se não surge na primeira curva, verifica-se inelutavelmente na segunda!

(1) Devido a transformação de uma parte, pelo menos, em calor.

6. CRISE DE AMBIENTE E CRISE DE ENERGIA

O absurdo de uma civilização assente na produção pela produção, no consumo pelo consumo, teria necessariamente de rebentar à luz do dia com a própria rotura acelerada que engendrou nos sub-ecosistemas. Tal aceleração e tais roturas foram possíveis pela uitlização crescente e cada vez maior de energia. O mito de que se podia refazer o ambiente aumentando a produção para obter os recursos necessários para despoluir, não resiste à aplicação serena do segundo Princípio da Termodinâmica. O mito só podia gerar um aumento no consumo de energia. Os fatalistas economo-tecnocratas, com seus modelos econométricos e seus ajustamentos de curvas a dados de que ignoravam as causas profundas, não puderam descortinar que as suas projecções quanto à produção de energia e ao consumo apenas aceleravam um processo de colapso, numa espiral de instabilidade. O motor desse mito conveniente e imperialista foi o petróleo barato. Tão barato que os E. U. A. se podiam permitir transformar o seu território numa gigantesca fábrica de síntese de produtos agrícolas que reexportavam. A U. R. S. S. seguiu via análoga na produção de alimentos; apenas não alcançou o mesmo grau de perfeição tecnológica. A filosofia na produção de alimentos nos países de Leste, tal como nos países desenvolvidos da Europa Ocidental, é idêntica: utilização maciça de energia fóssil na produção de alimentos.

Curiosamente, mesmo antes da «crise da energia», tal aumento espectacular da produção de alimentos nos E. U. A. não melhorou a dieta alimentar nem sequer diminuiu a percentagem do orçamento que o americano médio gastava e gasta na alimentação. Na dieta alimentar do americano médio, entre 1946 e 1968, apenas o consumo de carne aumentou em 18 %. Mas as proteínas baixaram em 5 %, as calorias em 4 %, a manteiga em 44 %, os ovos em 15 %, etc. (segundo um estudo da American Association for the Advancement of Science).

Entretanto, a fome aumentou na Índia, no Brasil, no Paquistão, na África. Na China, em que as concepções adoptadas foram acentuadamente diferentes, passou-se da fome à auto-suficiência.

Estes factos apontam para a inelutável conclusão de que, mesmo sem «crise de energia», o absurdo acabaria por realizar-se. Aliás, a «crise de energia» foi e é um oportuno bode expiatório para muitos dos erros acumulados. Tal como há uma vintena de anos atrás o foi o encerramento do Canal do Suez. Se não tivéssemos a crise de energia teríamos uma outra qualquer. A de energia, sem maquilhagem, existiu desde sempre na cegueira de certo tipo de filosofia social de organização económica.

7. A CRISE DO PETRÓLEO

Segundo a opinião do Prof. Thurow do M. I. T., na sua óptica americana, a crise de energia foi consequência duma baixa anormal do custo do petróleo bruto ocorrida no período 1950-1970. Tal baixa, na filosofia da pilhagem máxima dos recursos ao serviço da maximização do lucro, provocou uma distorção inconveniente das economias capitalistas que procuraram tirar partido máximo de tal baixa anormal dos preços.

Os países da O. P. E. C., procuraram, naturalmente, obter um valor actualizado para o seu petróleo. Como muito bem observava o Sheik Yamani em entrevista à «Newsweek» para quê trocar petróleo bruto, que não perdia o seu valor, por dólares que a inflação corroía?

Em toda a chamada crise do petróleo, é conveniente salientar a inflação nos países importadores de petróleo e exportadores de equipamento. Os países da O. P. E. C., naturalmente, compreenderam que os aumentos de preço no petróleo não teriam qualquer significado se eles viessem a ser ultrapassados pelo aumento de preços nos produtos que adquiriam nos importadores de petróleo. Compreenderam e aplicam. Os nossos trabalhadores também irão descobrindo que os seus aumentos de salários não terão qualquer significado se a inflação subir mais depressa levando-lhes por via indirecta mais do que o obtido com as suas reivindicações directas!

Esquecer esta verdade elementar quanto aos preços do petróleo, é querer escamotear um dado fundamental.

Não vamos discutir aqui a crise do petróleo em múltiplas outras facetas, nem os argumentos que permitem antever que a O. P. E. C. não conseguirá sequer manter os objectivos iniciais. Aceitemos, porém, como realidade inelutável que o petróleo não mais voltará aos preços do período áureo do capitalismo actual. Não é sequer profecia. É certeza. Essa lição já a aprenderam os países industrializados. Quanto a nós, Portugueses, é urgente saber extrair-lhe as ilações.

8. O CUSTO ENERGÉTICO DOS BENS E DOS SERVIÇOS

Muito antes da «crise da energia» já alguns cientistas se preocupavam com a energia necessária à fabricação de um produto ou à prestação de um serviço. Surgiu assim o que poderemos chamar como a novel disciplina da análise energética, que conjuga Termodinâmica e Economia. A chamada análise energética encontra-se na sua infância e são patentes algumas insuficiências que decorrem sobretudo de a Termodinâmica ter sido mal digerida e aplicada pelos economistas. Todavia, os resultados que a análise energética já obteve são de valor incalculável, sobretudo para a clarificação das consequências futuras das opções quanto ao modelo de sociedade e de economia que pretendemos construir.

A análise energética assenta basicamente no primeiro princípio da Termodinâmica — o princípio da conservação da energia — e procura determinar o dispêndio total de energia utilizável que é gasto

na obtenção de um produto ou de um serviço. A análise energética não extrai todas as consequências da segunda lei da Termodinâmica, mas tem-na em conta.

O primeiro e mais espectacular resultado da análise energética encontra-se na desmontagem do sistema alimentar dos E. U. A. Seguidamente, foi estendido à análise de vários ramos industriais nos E. U. A., no Reino Unido, na Alemanha, etc.

Consideremos primeiro a análise do sistema alimentar.

9. ANÁLISE DO SISTEMA ALIMENTAR NUM PAÍS ALTAMENTE INDUSTRIALIZADO (E. U. A.)

A agricultura dos E. U. A. foi durante largos anos considerada um modelo de produtividade. Os dados e curvas seguintes baseiam-se num artigo de C. E. Steinhart na revista «Science» (1974), na qual se encontram as necessárias referências bibliográficas.

A «alta» produtividade da agricultura americana traduz-se na Fig. 1. Esta é a curva, sobretudo a parte crescente até 1959-60, que certos economistas gostam de apresentar.

Qual o motor desse aumento de produtividade? O factor físico, mais naturalmente a ter em conta, é a energia. Conjugando a curva anterior com a utilização de energia no sistema alimentar dos E. U. A. obtém-se a seguinte representação (Fig. 2).

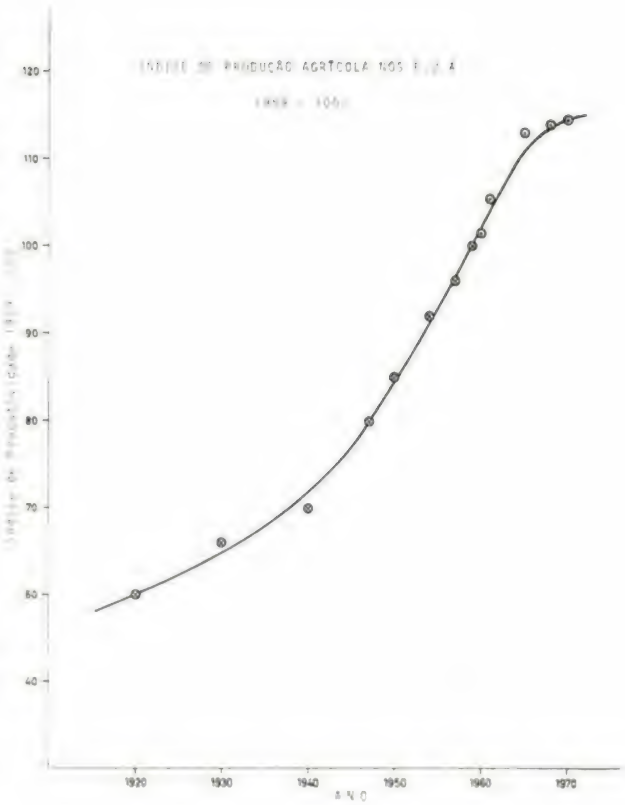
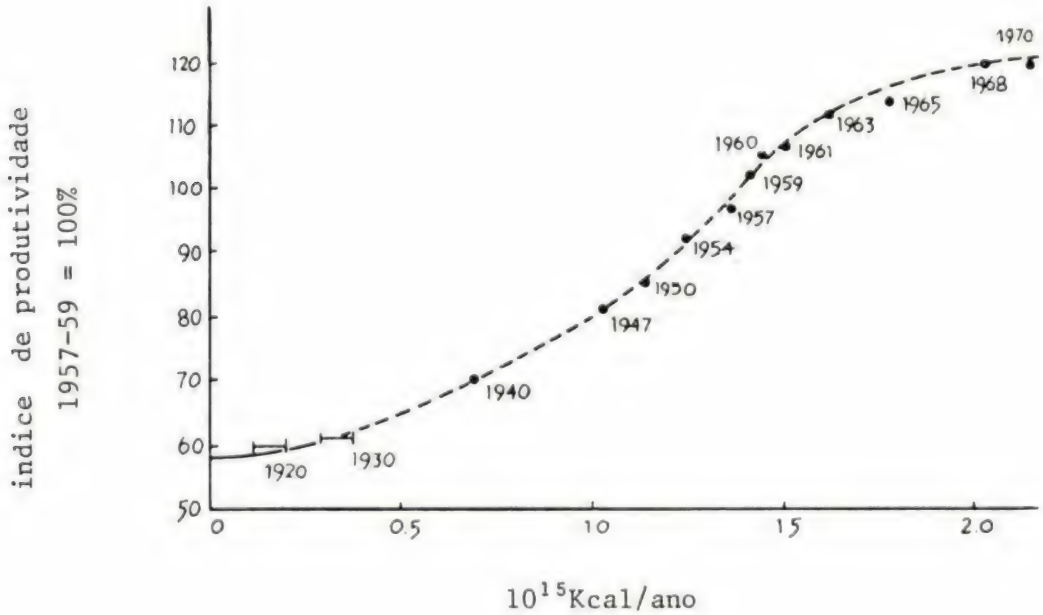


Fig. 1



Energia fornecida ao sistema alimentar

Fig. 2

E em termos de homens-hora cultivando a Terra obtemos (Fig. 3):

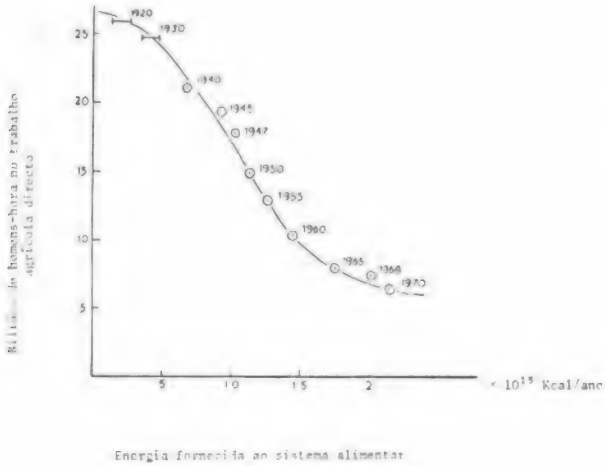


Fig. 3

Em todos os casos as curvas mostram o rápido crescimento inicial da produtividade. Todavia, a partir de 1959-60 surge a tendência para a saturação a qual vem a confirmar-se nos anos seguintes (1):

Em termos puramente energéticos, a figura 4 mostra outra perspectiva

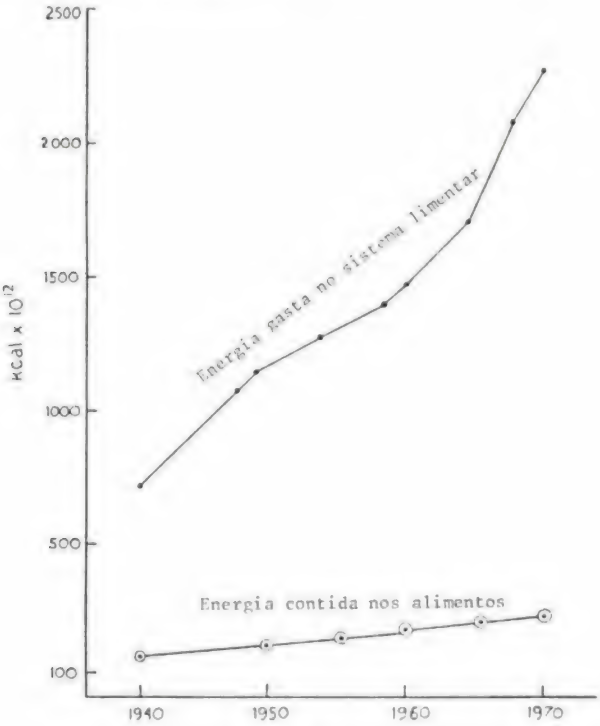


Fig. 4

A relação energia fóssil utilizada pelo sistema alimentar/Energia solar fixada, fica patente na curva seguinte:

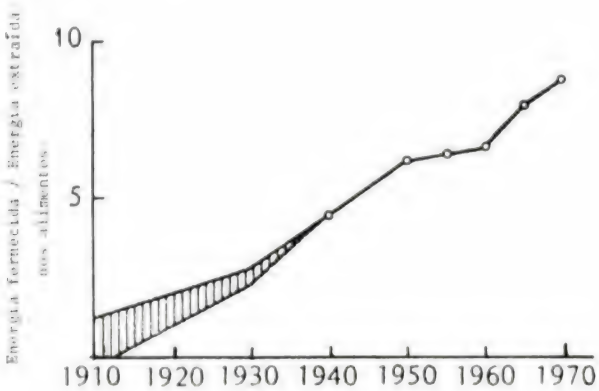


Fig. 5

Em 1970, o conteúdo energético médio dos alimentos, exigia já um fornecimento de energia cerca de 10 vezes superior. A tendência verificada é para que continue a aumentar aquela relação. O sistema encontra-se pois em flagrante desequilíbrio energético, e tudo indica que o desequilíbrio se irá acentuar.

Qual o real significado destes valores?

Como anteriormente referimos, o Homem com o aparecimento do comércio quebrou a reciclagem no ecosistema inicial. A utilização intensiva de energia e fertilizantes artificiais permitiu-lhe aumentar substancialmente a produção por hectare. Conseguiu, mesmo, aproveitar mais racionalmente a energia solar na fotossíntese, através dos novos tipos e métodos de cultura. Aumentou mesmo em muitos casos o rendimento global da conversão fotossintética nos limites da exploração agrária. Todavia, o sistema alimentar deve ser considerado como um todo. A produção de fertilizantes consumiu energia. O transporte de fertilizantes para a exploração agrícola, e dos produtos desta para o centro de consumo custou energia. A conservação pelo frio, a produção de embalagens, etc., custou energia. A utilização de corantes, a manutenção de supermercados, consumiu energia. Por outro lado, o aumento da produção de cereais e de rações para a produção de carne, piorou a conversão energética global. No final, nem a dieta alimentar do americano médio melhorou, nem o custo da alimentação diminuiu (2). E o sistema no seu todo está criticamente dependente do custo e disponibilidade de energia fóssil utilizada, sobretudo petróleo. Este é, sobretudo, importado.

Entretanto, é ainda ideia corrente que a produtividade da agricultura americana é de tal modo elevada, que os E. U. A. têm um excedente de pro-

(1) Atente-se, simultaneamente, na importância que tem um saber actualizado. Se a formação e o saber tecnológico de quem toma decisões neste domínio se baseiam no que aprendeu até 1960, continuará a raciocinar e a agir como se a curva não tivesse inflectido desde então. Agindo com sinceridade e boa fé, estará meramente a repetir as causas que levaram à inflexão e à crise posterior.

(2) Relembremos que o mesmo se verifica nos países industrializados da Europa e na Austrália.

dução alimentar, sobretudo de cereais. E que a importação destes cereais é vital para mitigar a fome nos países pobres, nomeadamente na Índia. Ainda há pouco foi muito publicitada a venda de trigo à U. R. S. S. e já em 1976, quando o Secretário de Estado da Agricultura do Governo dos E. U. A. nos visitou, fomos informados que Portugal era um muito bom cliente dos E. U. A. em produtos alimentares. Fixemos a afirmação: um bom cliente.

Por outro lado, quando René Dumond esteve entre nós o ano passado afirmou: «dispomos de dados suficientemente claros, sobretudo os da F. A. O., para sabermos que os cereais que constituem factor determinante da produção alimentar, vão ser dentro de poucos anos uma arma tão estratégica como é hoje o petróleo (...) Com efeito, atendendo à recessão que se verifica na produção cerealífera mundial, os países que hoje se encontram na dramática situação de importarem cada ano mais cereais, como é o caso de Portugal, arriscam-se a pagá-lo muito caro, quer económica quer politicamente.»

Citamos propositadamente René Dumond para acentuar uma relação de causa-efeito que passou aparentemente despercebida. A «crise de energia», aspecto subjacente na crise do ambiente, desencadeia uma crise do sistema alimentar. Entretanto, o mito da elevada produtividade da agricultura americana e do preço competitivo dos seus cereais desfez-se, e os americanos já conhecem claramente o motivo. Este, em traços simples é o seguinte: a alta produtividade americana manteve-se devido aos subsídios directos do governo aos agricultores para manterem ou aumentarem a produção. Tal levou à criação de gigantescos excedentes alimentares, que os E. U. A. exportaram abaixo do preço de custo como instrumento de uma política. Todavia, e este é o facto novo que a análise energética revelou, os custos de produção dependiam criticamente dos preços da energia e muito particularmente dos do petróleo bruto. A agricultura era pois duplamente subsidiada. Aos preços actuais do petróleo, o subsídio indirecto revelou-se enorme. Deste modo, os preços da venda de cereais à U. R. S. S. que eram lucrativos com o petróleo ao preço antigo, transformaram-se em prejuízo com os actuais preços em vigor. Por outro lado, a venda foi de tal modo grande e os «stocks» existentes sofreram hemorragia tão considerável que os E. U. A. se vêm forçados a nova orientação na sua política agrícola e os preços irão necessariamente subir.

As previsões de René Dumond, baseadas em estatísticas de produção, encontram-se deste modo singularmente reforçadas com as conclusões da análise energética e não podem, de modo algum ser iludidas. Os países altamente industrializados, como a Grã-Bretanha, a Suíça, etc., já o compreenderam e preparam planos de emergência para enfrentar a situação .Neles, a estrutura alimentar, é basicamente análoga à dos E. U. A.: altamente industrializada, pesadamente subsidiada em energia concentracionária e não renovável.

E nós? Vamos definitivamente usar a nossa inteligência e o conhecimento científico mais moderno, ou vamos de mão estendida mendigar empréstimos para repetir os erros que os outros já cometeram?

10. ANÁLISE ENERGÉTICA DOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

A análise energética dos produtos industriais segue metodologia análoga. Para não nos alongarmos demasiado, consideremos apenas os resultados finais. Para que se verifique não ser o custo energético típico de um só país, apresentamos resultados para os E. U. A. baseado num estudo de A. J. Lichteberg e A. Makijani da «College of Engineering» da Universidade da Califórnia (Berkeley), para a Grã-Bretanha baseados no trabalho de P. D. Chapman e N. Mortimer, da Universidade Aberta (ERG 006-1974) e para a média mundial feita por P. D. Chapman (Energy Policy — 1975).

CUSTO ENERGÉTICO DE PRODUTOS BASE
(Kwh por tonelada)

Produto	E. U. A.	Reino Unido	Média Mundial
Aço em bruto	12 600	10 540	10 500
Alumínio	67 200	91 000	91 000
Cobre	21 000	12 800	20 000
Zinco	14 700	19 000	20 000
Cimento	2 300	2 200	2 200
Chapa de vidro	7 200	6 250	6 250
Plástico	29 000	45 000	45 000
Papel	6 400	7 500	7 500
Carvão	42	8 334	—
Urânio (de minério com 0,3 %)	—	383 000	—

Embora a comparação apresentada tenha deficiências e nem sequer os mesmos factores sejam igualmente considerados, note-se que a variação é muito menor do que poderia esperar-se entre as três colunas. Por outro lado, embora no caso dos metais a base seja o minério, alguns casos há, em que na produção se utilizou uma certa reciclagem de sucata, e daí o seu valor muito baixo.

O efeito da recuperação de sucata no custo energético de alguns metais, na Grã-Bretanha e segundo P. D. Chapman é o seguinte:

CUSTO ENERGÉTICO DOS PRODUTOS BASE USANDO RECICLAGEM
(Kwh por tonelada)

Produto	A partir minério	A partir sucata	Média no Reino Unido
Cobre	20 000	2 500	12 750
Alumínio	91 000	3 000	27 000
Zinco	20 000	2 500	19 000
Chumbo	15 000	2 000	7 000
Aço	—	6 500	13 200

Como se verifica, a reciclagem do metal permite economias energéticas que vão de 7,5 (caso do chumbo) a 30 vezes (alumínio). O resultado é óbvio, e a 2.ª Lei da Termodinâmica permite esperá-lo. A mesma 2.ª Lei nos indica que as economias serão tanto maiores reciclando quanto menos ricos em metal forem sendo os minérios, o que é a evolução natural em face do consumo crescente.

Assinale-se desde já, em termos de economia nacional, o absurdo económico da exportação de sucatas a preço de lixo, e a aberração que consiste em importar minérios e deixar acumular tal lixo.

O custo energético de certos produtos finais também já foi estimado. Segundo Chapman, construir uma Central Térmica Clássica de 1000 Mw custa 2.700×10^6 Kwh, e uma Central Nuclear da mesma potência $10\,200 \times 10^6$ Kwh. Por outro lado, o custo energético do enriquecimento do urânio para o carregamento inicial d eum reactor nuclear custa, por sua vez, de 110×10^6 Kwh para o Reactor Candu (urânio natural) a $6\,000 \times 10^6$ Kwh para um reactor de tipo urânio enriquecido. Se o minério de partida for mais pobre do que 0.3 % (que é o caso português) a situação piora consideravelmente, podendo chegar-se a atingir o caso limite de a obtenção de combustível nuclear consumir mais energia do que a que pode vir a extrair-se dele num reactor nuclear.

11. CUSTO ENERGÉTICO DOS TRANSPORTES

Para o transporte de passageiros a análise energética revela os seguintes valores:

CUSTO ENERGÉTICO DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

Modo de transporte	Máxima capacidade teórica em passageiros	Ocupação média %	Consumo de energia em Kwh/passageiro
Bicicleta motorizada	1	110	0,20
Automóvel:			
— pequeno (em cidade)	4	40	0,50
— médio	5	32	0,75
— grande	5	32	1,06
Autocarro urbano	95	20-25	0 25
Metropolitano (eléctrico)	300	15-20	0,11
Caminhos de Ferro:			
— locomotiva Diesel (percurso inferior 10 Km)	100 passageiros/ /carruagem	38	0,09
— tracção eléctrica longa distância	100	38	0,09

Segundo «Energy Conservation: Ways and Means» da «Future Shape of Technology Foundation» 1974

Quanto ao transporte de mercadorias e segundo um relatório publicado pela O. E. C. D.

CUSTO ENERGÉTICO DO TRANSPORTE DE MERCADORIAS

Modo de transporte	Kwh/tonelada quilómetro
Caminho de Ferro:	
— Mercadoria geral	0,12
— Mercadoria pesada	0,11
Camião:	
— De 20 toneladas	0,18-0,30 (*)
— De 12 toneladas	0,24-0,39 (*)
— De 7 toneladas	0,32-0,46 (*)
— De 0,75 toneladas	1,49-2,10 (*)
Fluvial: reboque + 6 barcaças	0,16
Aéreo (1000 Km p. viagem)	3,73

(*) O valor mais elevado refere-se a transporte urbano. O mais baixo em estrada rural ou outra.

Segundo «Energy and other Consequences of Freight Transfer to Rail» O. E. C. D. 1974.

Os números anteriores merecem os seguintes comentários:

— alguns valores são extremamente sensíveis à taxa de ocupação. Todos eles se referem a valores médios, numa situação real.
— No transporte de passageiros o caminho de ferro é significativamente superior em economia. O Metropolitano é mesmo superior ao transporte em bicicleta motorizada.
— *O transporte colectivo em autocarro é claramente superior ao transporte em automóvel mesmo para ocupações médias inferiores.*

Quanto ao transporte de mercadorias o transporte ferroviário é superior a qualquer outro, havendo embora que ter em conta a taxa de ocupação, os encargos de capital, etc., para um juízo definitivo.

12. INDÚSTRIAS CAPITAL INTENSIVO E ENERGIA INTENSIVA

Uma indústria é capital intensivo quando o investimento necessário por cada emprego criado é muito elevado. Analogamente é energia intensiva se por Kg de produto final a energia necessária é muito elevada. A caracterização «muito elevada», deve entender-se em relação aos valores médio de todas as actividades.

Como seria de antever, existe correlação entre a intensidade em capital e energia. Um estudo abar-

cando cerca de 350 ramos de actividade nos E. U. A. revela *que as indústrias mais capital intensivas são também em geral as mais intensivas em energia. A mesma conclusão se extrai de uma análise feita nas indústrias britânicas e alemãs.*

13. A QUALIDADE DA ENERGIA

Na exposição anterior, as várias formas de energia não foram distinguidas. É uma prática corrente nos economistas que elaboram as estatísticas a qual pode conduzir a perigosas distorções. A análise anterior pode considerar-se uma análise em termos do 1.º Princípio da Termodinâmica. A introdução do segundo é fundamental para se lhes abarcar todo o significado. De facto, pelo 2.º Princípio, toda a energia se pode converter em calor, mas da energia calorífica apenas uma fracção se pode converter noutras formas. Esta conversão exige duas fontes de calor a temperatura diferente, e a conversão máxima possível aumenta com essa diferença de temperaturas. O ambiente é, em geral, a fonte a temperatura mais baixa. É por isso que quantidades embora gigantescas de energia calorífica à temperatura ambiente são completamente inutilizáveis. Produzir temperaturas abaixo do ambiente também exige energia. Por outro lado, sempre que há fluxos de outras formas de energia, uma fracção é sempre transformada em calor: é ainda uma consequência da 2.ª Lei da Termodinâmica. Daqui resulta que se pode falar em qualidade de energia. Energia química, energia eléctrica, energia mecânica, são energias de alta qualidade porque se podem converter noutras com elevado rendimento e todas elas em calor, na sua totalidade. A qualidade da energia calorífica depende da temperatura a que se encontra. Nos seres vivos, o fluxo básico de energia é químico. Esta tranforma-se em trabalho mecânico e em calor. O ser vivo só incorpora energia sob formas bem determinadas: energia química sob forma de certos alimentos. A restante, nomeadamente calorífica, pode apenas evitar que ele dispenda energia química em calor para manter a sua temperatura.

Na conversão da energia química dos combustíveis em energia mecânica e esta noutras formas, o Homem na esmagadora maioria dos casos, converte primeiro a energia química em calor. Seguidamente, é o calor que transforma em energia mecânica. Neste processo introduz enormes perdas. É assim que numa Central Térmica moderna, as perdas são da ordem dos 70 % que cede ao ambiente sob a forma de energia calorífica inutilizável. Passa-se o equivalente numa Central Nuclear embora as perdas sejam maiores. Presentemente, a conversão directa de energia química em electricidade, ou de energia solar em electricidade, é possível. Os rendimentos de conversão, todavia, são muito baixos. Por isso, entre outras razões, tais descobertas não representam ainda qualquer parcela importante na produção de energia eléctrica para actividades correntes(1).

É tendo em conta as limitações presentes na produção de energia eléctrica que não faz sentido, por exemplo, desperdiçar 70 % da energia do combustível uma Central Térmica para produzir electricidade e seguidamente converter esta electricidade em calor. Utilizando directamente o combustível no aquecimento, a energia poderia ser usada a quase 100 %.

III PARTE

1. A NOVA ORDEM ECONÓMICA INTERNACIONAL

Sobre o tema da «Nova Ordem Económica Internacional» publicou a UNESCO, um livro. A UNESCO, na proposta de plano a médio prazo (1977-1982) que neste momento se discute em Nairobi, dedica um importante capítulo ao «Homem e o seu Ambiente». Num dos subcapítulos trata-se dos «recursos minerais e energéticos». A energia é encarada como recurso mineral e toda a filosofia preconizada de ajuda ao Terceiro Mundo, é-o na óptica da sofisticação dos métodos de encontrar novos jazigos... novos recursos minerais.

As declarações de princípios no domínio do Homem e o Ambiente são nobres. A concretização em actos, passa de imediato pela mais exaustiva descoberta de recursos naturais não renováveis que porventura os detentores dos capitais e meios de exploração ainda desconhecem.

Uma nova ordem económica mundial. Um belo conceito, com muitos significados. Os países hiper-industrializados conhecem perfeitamente os dados do problema anteriormente esboçados. Antevêm a trajectória. Não irão alterar a raiz mesma dos seus sistemas, aquela que os conduz ao beco sem saída. No seu fatalismo tecnocrático, e parafraseando Keynes, *o longo prazo não interessa, porque no longo prazo estaremos todos morts.* Mesmo que o longo prazo caia já, com a aceleração do absurdo, em nossos filhos ou netos.

Pode haver, de facto, uma Nova Ordem Económica Internacional, para os que não perderam a Esperança e acreditam no Homem. Mas a dita Nova Ordem, significa algo de muito diferente para os ricos e os pobres. Façamos um esboço rápido.

2. MATÉRIA, ENERGIA, INFORMAÇÃO

O surto capitalista do pós-guerra, deveu-se sobretudo à inovação tecnológica que substancialmente aumentou as produtividades... e os P. N. B. Os au-

(1) Tal não sucede em situações particulares como é o caso dos satélites artificiais, em que a energia eléctrica utilizada é obtida por conversão directa de energia solar.

mentos de produtividade, devidos à tecnologia, ao aguilhão do consumo inútil, etc., se permitiram aumentar salários, permitiram sobretudo lucros crescentes. Tais aumentos tiveram como motor um gasto crescente de energia e uma delapidação acelerada de recursos naturais não renováveis. A indústria pesada e a química foram motores... o petróleo era barato. Todavia, o que um simples balanço de energia e matéria imediatamente revela, é que qualquer transformação deixa um resíduo e que a não reciclagem acelera a degradação ambiental e a poluição. Despoluir exige energia, e a utilização de energia concentracionária (sobretudo eléctrica) é fonte de poluição. O processo torna-se instável e o 2.º princípio da Termodinâmica revela-o. Reciclar é não desperdiçar tanto... e ganhar monopolisticamente menos. Despoluir será cada vez mais caro... Os economistas inventaram o conceito da deseconomia externa e a C. E. E. estabeleceu o princípio do poluidor pagador. Com deseconomia externa ou poluidor pagador, quem paga finalmente é a sociedade... É a socialização dos prejuízos. Uma opinião pública esclarecida e uma força trabalhadora consciente vão-se dando conta do logro. As camadas mais jovens verificam crescentemente que em nome de um futuro melhor o legado que lhes transmitem é um mundo envenenado... espiritual e biologicamente falando.

Como vai reagir o sistema? O sistema verifica que até aí pilhou recursos e acumulou detritos. Todavia, gerou algo que não polui: informação, «know how» tecnológico. Deste modo, se os países com recursos naturais e mão-de-obra abundante optarem pelos seus esquemas de industrialização, por que não instalar neles as fábricas, deixar lá os resíduos, o envenenamento da população local e a degradação do ambiente?

A montagem e funcionamento de tais fábricas exigem informação, exigem «know how», exigem capitais. Exigem aquilo que o explorador possui em abundância! O saldo final é-lhe altamente favorável e pode ainda apresentar-se como benemérito. Resolve, simultaneamente, um problema importante: o da mão-de-obra que importava. Esta, que a própria permanência ensina a defender-se cada vez melhor da sobrexploração e luta pelos benefícios sociais dos trabalhadores de origem. Em fase de expansão acelerada, o problema não existia. Com estagnação ou recessão tornou-se um peso. Todavia, se essa mão-de-obra for utilizada no país de origem, os encargos sociais cabem a este. As flutuações de conjuntura suporta-as este. Se a sua indústria é a de sub-contratantes, é esta que, obviamente, primeiro fica sem trabalho, se as encomendas baixam.

Nesta evolução, os hiper-industrializados fazem migrar as actividades mais pesadas e degradadoras do ambiente e as mais perigosas para as suas periferias. Internamente, desenvolve o sector de serviços, o das actividades de mais elevado valor acrescentado e, digamos, de maior custo por Kg! Como exemplos típicos encontramos a indústria informática, a química fina... e a dos armamentos.

Significativamente, em nenhum dos casos, o valor da energia gasta tem muito significado em termos económicos.

A exportação de armamento merece uma referência especial, pois é hiper-lucrativa. Internamente, veda-se da curiosidade pública a título de «Defesa Nacional». O seu contributo para a balança de pagamentos é assinalável... tal como o contributo para a corrupção do poder político. É o complexo militar-industrial, nos E. U. A., é o caso Lockheed. É agora o caso Dassault, em França.

Nesta perspectiva, o caso Seveso, em Itália, ganha outra perspectiva. Tal como ganham as declarações oficiais quando afirmam, peremptoriamente, que não serão concedidas licenças para a instalação de indústrias venenosas em Portugal. Em Itália também não foram concedidas tais licenças. Em Portugal, nem sequer um regulamento de chaminés ainda temos!

Seveso é meramente um caso. Deu-se por ele porque foi espectacular. Originará mais umas leis e umas quantas declarações solenes de bons princípios. Pouco mais. Como pode um País saber se uma indústria é «venenosa» no sentido restrito dos termos, se ele próprio desconhece inteiramente os elos vitais do seu processo de fabrico? Produzir cosméticos, ou produtos terrivelmente tóxicos como a Dioxina, pode cifrar-se em algo de tão simples como variar a temperatura a que se dá uma reacção química! Seveso foi isto. A Dioxina faz parte do arsenal das armas biológicas, provoca alterações genéticas... e foi usada no Vietnam. Seveso é, porém, algo mais. É a evidência do que sucede a uma população cultural e, sobretudo, cientificamente pouco esclarecida...

3. ALGUMAS CONCLUSÕES

A Economia corrente trata os recursos naturais não renováveis como um rendimento, quando eles são na verdade um capital, um património. Uma empresa que venda o património e considere essa receita como valor de produção... vai à falência. É este o absurdo em que labora a ordem económica vigente, com a diferença que a empresa em questão é a vida sobre a Terra. *A falência não significa desemprego, significa morte!*

Em 1930, Keynes escrevia: «Durante pelo menos outros cem anos, devemos proceder face a nós próprios e a todos os outros, como se o justo fosse infame e o infame fosse justo; pois o infame é útil e o justo não o é...». «Avareza, usura, astúcia, devem continuar a ser os nossos deuses, ainda por muito tempo.»

O Mundo actual mostra a que conduziu tal filosofia. Tal filosofia é, porém, o cerne mesmo da ordem económica e social vigente e continua a ser o princípio inspirador para a resolução da crise!

Não haverá alternativa a tal atitude, a tal fatalismo, que em nome do Homem estimula no Homem o que ele tem de pior: o egoísmo, a inveja, a crueldade, a competição pela competição? Levou tal atitu-

de à prosperidade universal com que se pretendia justificá-la? Não levou, nem podia levar. Alternativas? Claro que há alternativas, se quisermos ir à raiz dos problemas. Elas decorrem limpidamente do que anteriormente se expôs. Resta saber se temos a coragem para as enfrentar. Quanto mais tardarmos, menos possibilidades restam para os nossos filhos. Se lhes não legarmos mais que a alternativa entre o suicídio e a mudança violenta e radical, eles escolherão esta: o seu próprio instinto biológico de sobrevivência a isso os levará. A menos que a espécie humana tenha perdido o instinto de sobrevivência: nesse caso desaparecerá, pelas suas próprias mãos.

Em Portugal, estamos no período crítico das opções definitivas. É essa a nossa terrível, mas aliciante responsabilidade histórica. Preocupamo-nos mesmo com nossos irmãos e nossos filhos? Ou, em nome deles, está afinal cada um, egoisticamente, a pensar apenas em si próprio e na sua comodidade imediata?

Em Maio de 1968, em Paris, alguém escreveu numa parede: «as paredes têm ouvidos e os ouvidos têm paredes». As nossas paredes tiveram ouvidos durante longos anos. Será por isso que muitos querem agora nos ouvidos erguer muros e nos olhos por antolhos?

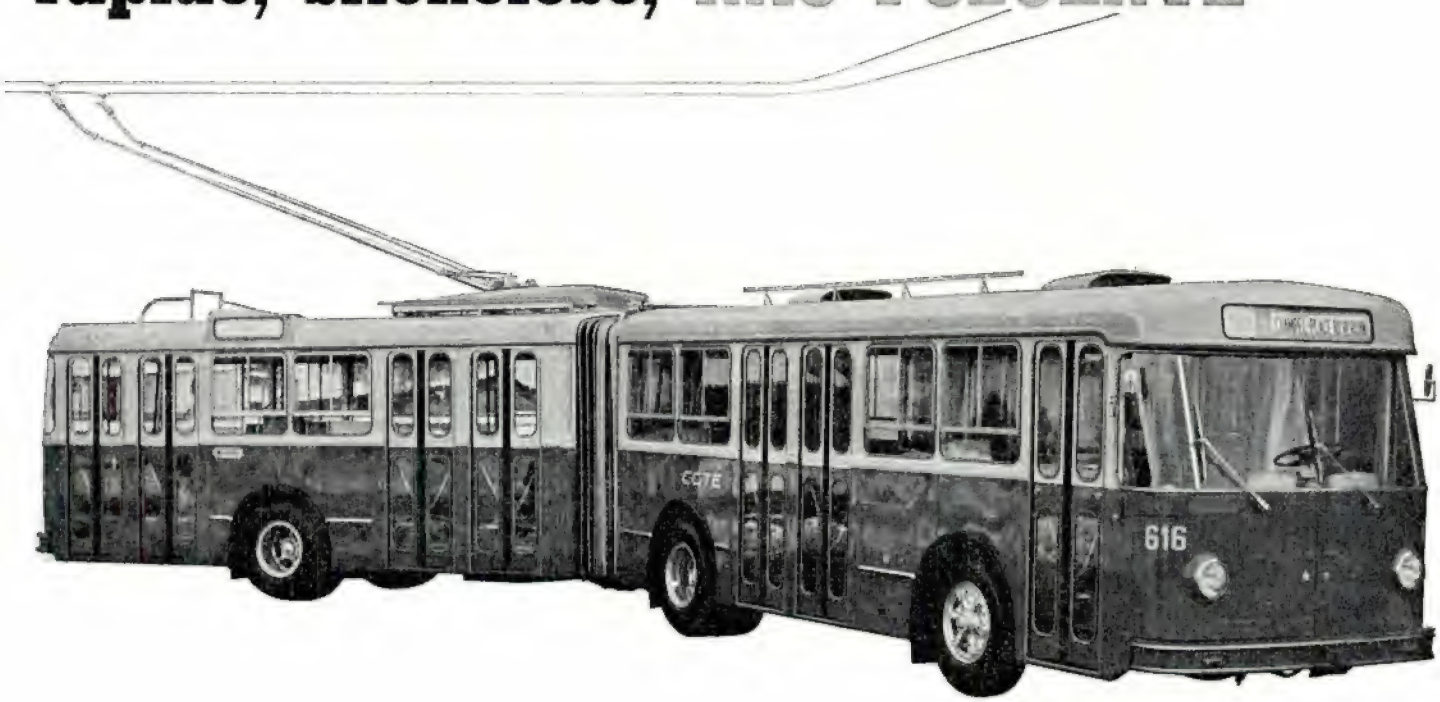
NOTA: O facto de nos referirmos sobretudo aos aspectos capitalistas do chamado mundo ocidental, significa apenas que a vasta documentação que nestes se publica, torna a análise mais fácil. Não deve pois inferir-se, da crítica acima feita, uma apologia (por omissão) de outros sistemas económicos e sociais actualmente existentes.

— As citações de Keynes foram extraídas de E. F. Schumacher — Smallis Beautiful. Abacus, 1974.

Feiras, Conferências, Exposições e Congressos

OBJECTIVOS E PROGRAMA	LOCAL, DATA, ORGANIZAÇÕES E INFORMAÇÕES
Áreas Residenciais Urbanas	L. N. E. C. — Lisboa Terças e quartas-feiras, das 14 às 16h30, com início em 6 de Outubro - 1976
International Product Innovation Congress and Exhibition	Düsseldorf — R. F. A. Fevereiro - 77
International Conference of the Tool and Die Industrye	Viena — Austria Maio - 77
IV Assemblea General del Centro National de Investigaciones	Madrid — Espanha 31 de Maio a 31 de Junho - 1977
Third International Symposium in Hidrology	Colorado State University — U. S. A. 27 a 29 de Junho - 1977
The Second International Conference on Transfer of Water Resources Information	Colorado State University — U. S. A. 30 de Junho a 2 de Julho - 77
Faire International Soudage et Découpage	ESSEN — R. F. A. 21 a 28 de Setembro - 77
L 'INTERPACK' 78 — 8.ª Feira Internacional de Máquinas de Embalar	Düsseldorf — R. F. A. 8 a 14 de Junho - 78
1 ière Foire Specialisée International sur la Téchnique Siderurgique	Düsseldorf — R. F. A. Junho - 1979

A tracção ELÉCTRICA é o ÚNICO meio de TRANSPORTE suave, rápido, silencioso, NÃO POLUENTE



tudo isto é igualmente válido para o TROLEICARRO

sécheron

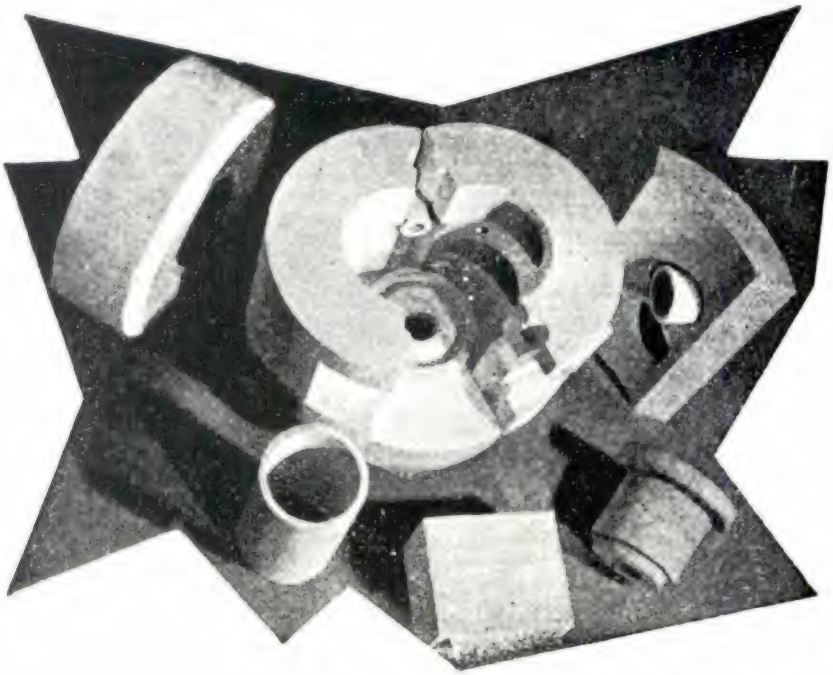
S. A. des Ateliers de Sécheron 1211 Genève 21

Representada em Portugal por:

SOCIEDADE DE ELECTRICIDADE BROWN BOVERI, LDA.
Rua de Sá da Bandeira, 481-2.º — PORTO
Telef. 23411/21148/380019

a técnica moderna emprega

BETÕES REFRACTÁRIOS



à base dos cimentos

FONDU LAFARGE

e

SECAR 250

porque são

práticos
eficientes
económicos

REFRACTÁRIOS ATÉ 1800° C

REFRACTÁRIOS ISOLANTES ATÉ 1700° C

Os nossos serviços técnicos, especializados, estão à vossa inteira disposição para estudar, sem qualquer encargo da vossa parte, a adaptação dos BETÕES REFRACTÁRIOS a todos os vossos problemas

AGUIAR & MELLO L.DA

P. do Município, 13-1.º — LISBOA — Tel. 32 11 51/2

C. D. U. 620.9

O Problema Energético Português [1]

J. J. DELGADO DOMINGOS
Prof. Catedrático I. S. T.
C. T. A. M. F. U. L.

SUMÁRIO

Analisa-se sucintamente o problema energético português com dados existentes em 1975 e tendo em conta a situação geral do País quanto a capacidade tecnológica, financeira e de emprego. Os problemas energéticos são abordados tendo em conta a capacidade de refinação, os consumos nos Transportes, na Indústria e na Agricultura. Afloram-se possíveis alternativas energéticas, e alguns problemas subjacentes de natureza política e social. As implicações da produção monopolista de electricidade são referidas. A opção nuclear não se justifica no actual contexto.

SUMMARY

The Portuguese energy problem is briefly reviewed with data available in 1975, taking into account the technological capacity, financial resources and employment. The analysis considers refining capacity, Transportion, Industry and Agriculture. Energy alternatives and some underlying political and social problems are refered. The implications of monopolistic production of electricity are mentioned. Nuclear power stations are shown to have no justification on present situation.

1. ALGUNS DADOS BASE QUANTO AOS CONSUMOS DE ENERGIA

1.1 De acordo com as Estatísticas de Energia do I. N. E., as capitações do consumo de energia para o Continente e Ilhas Adjacentes, foram as seguintes:

1972 — $17{,}2 \times 10^3$ KWh (*)
1973 — 18×10^3 KWh
1974 — $20{,}3 \times 10^3$ KWh

A nossa posição relativamente à média mundial e a certas áreas geográficas pode inferir-se dos seguintes valores referentes a dados de 1972 publicados pela ONU (**):

Capitação do consumo mundial de energia	$\sim 15.10^3$ KWh
Capitação do consumo nos E. U. A.	$\sim 90.10^3$ KWh
Idem — América do Sul	$\sim 5{,}7.10^3$ KWh
Idem — Africa	$\sim 2{,}8.10^3$ KWh

Em 1972, a nossa capitação era, pois, muito pouco superior à média mundial. Não há base para afirmar que em 1975 a nossa situação seja muito diferente.

Tomando como extremos os E. U. A. e o conjunto dos países de Africa, a relação das capitações é de ~ 32. Relativamente à média mundial é de ~ 6. Acrescente-se que os E. U. A. com 5,7 % da população do globo, consomem actualmente cerca de 34 % da energia total disponível.

Quanto às fontes primárias de energia, a partir de 1967 o petróleo tornou-se a principal fonte. Em 1972 representou 44 % do total, seguido do carvão com 32 %, gás natural com 21 %, hidroelectricidade 2 %. A energia nuclear representou 0,4 % e a geotérmica 0,201 %.

Os índices globais têm bastante interesse comparativo e correspondem ao que se verificaria em

(1) Lição inaugural do curso de extensão universitária «Curso Intensivo em Combustão» em 15.12.75.

(*) É discutível o modo como o I. N. E. considera a produção hidroeléctrica no balanço energético total. Por outro lado, o total geral apresenta um erro de soma relativo a 1972 que é 513 950,7 TJ e não 539 236,0 TJ como figura no mapa.

(**) B. Berkovsky — Modern Trands in Energy Development and Unesco — International Center for Heat & Mass Tansfer, 1975.

socialismo perfeito! Se ele existisse a nível de planeta, em capitações de consumo de energia, estaríamos próximo de todos os outros povos.

1.2 Em termos de valores globais de energia, não temos dados suficientes para uma correcta comparação entre as várias regiões do Continente. Teremos, para isso, de nos socorrer apenas dos consumos de energia eléctrica.

Considerando os dados acessíveis relativos a 1973, a capitação do consumo de energia eléctrica relativamente ao Continente e Ilhas Adjacentes foi de 92,1 KWh. Os valores extremos verificavam-se entre os distritos de Lisboa (830,6 KWh) e de Beja (3,7 KWh). A relação foi, portanto, de 224 para 1!

Se considerarmos agora a relação entre os distritos do Litoral, entre o de Setúbal e Braga, e todos os restantes, a relação é de $\sim$ 5,5 (não deixa de ser curiosa a quase coincidência deste valor com a relação entre os E. U. A. e a média dos restantes países).

Muito embora se trate apenas das capitações relativas ao consumo de energia eléctrica, as relações não devem afastar-se muito das relativas às capitações de energia total.

De acordo com os dados disponíveis, existe uma correlação «quase» linear entre o consumo de energia eléctrica per capita e o produto nacional bruto. Tal tipo de correlação é semelhante quando se considera a capitação global de energia (muito embora esta possa ser mais esclarecedora).

1.3 Os sucintos dados anteriores não só mostram como a nossa posição no contexto mundial está muito longe de ser boa (comparados com a Europa estaríamos na cauda) como ainda revelam a extensão dos privilégios duma pequena parte do País relativamente à restante. Esta situação é apenas uma das muitas herdadas do fascismo e constitui um índice claro do capitalismo retrógrado que aquele alimentou. Esperamos que os índices detectáveis após o 25 de Abril de 1974 quanto à reconversão da nossa economia, não continuem a apontar muito mais para soluções do tipo capitalista concentracionário (que pode ser estatal) do que para o socialismo de que tanto ouvimos falar. Assim feita, esta afirmação não terá mais valor que muitas outras que vão no sentido oposto, se não descermos à análise concreta das medidas que forem sendo propostas e adoptadas. Não o iremos desenvolver aqui, mas abordaremos alguns tópicos mais para reflexão e posterior análise.

2. A SITUAÇÃO ACTUAL

2.1 Apesar das suas baixíssimas capitações no consumo de energia, Portugal depende ainda do exterior em cerca de 75 % para a sua satisfação (1), sobretudo sob a forma de combustíveis os quais representaram em 1974 mais de 12 milhões de contos. Simultaneamente, e de acordo com dados apresentados no recente Encontro Nacional sobre Política Energética (2), a nossa actual capacidade de refinação de petróleos brutos é de cerca de 9,5 milhões de toneladas dos quais 8,5 milhões de toneladas se referem a produtos energéticos (1,5 milhão são gasolina e 3,8 milhões petróleo).

De acordo com o plano de fabrico previsto para 1976 serão tratados 6 milhões de toneladas, não havendo em princípio importação de quaisquer produtos (em 1974 importaram-se cerca de 2 milhões de contos de produtos refinados), prevendo-se uma exportação de 33 000 toneladas em óleos lubrificantes e parafinas.

A capacidade nacional de refinação não se encontra esgotada, como pode concluir-se dos números anteriores, e por outro lado, a Refinaria de Sines, de arranque previsto para 1977, irá duplicar as actuais possibilidades pois a sua capacidade nominal é de 9 milhões de toneladas/ano.

Quanto à refinação, o problema que actualmente se levanta é do excesso de capacidade instalada, a qual, tendo em conta Sines e apenas o consumo nacional, garantirá os consumos em produtos refinados durante os próximos 10 anos, pelo menos.

Pode criticar-se (há muitos argumentos objectivos neste domínio) a política que foi seguida quanto à instalação de refinarias. Mais grave, porém, seria ignorar as capacidades de que bem ou mal fomos dotados. Os produtos que resultam da refinação do petróleo bruto são vários e as suas proporções não podem ser arbitrariamente alteradas. É pois natural que surjam excessos nuns produtos e faltem noutros. Normalmente o equilíbrio estabelece-se através da importação de uns e exportação de outros. Mas a possibilidade de alterar a proporção dos consumos também existe, assim como também não é rígido o tipo de produtos para muitas utilizações.

2.2 As taxas médias de crescimento do consumo anual de energia eléctrica e de que as previsíveis para o próximo decénio se não deverão afastar muito, situam-se entre os 6 e os 10 %, o que significa uma duplicação do consumo total entre 7 e 11 anos.

Quanto à hidroelectricidade, o actual aproveitamento de recursos, deve situar-se pelos 50 %. Tendo em conta o crescimento dos consumos, é óbvio que caminhamos rapidamente para o seu esgotamento na próxima década, ou duas.

No sentido do equacionamento global do problema convém ainda ter em conta que entre a decisão de construir uma nova central e a sua entrada em funcionamento decorre um período mínimo que se situa entre 4 e 8 anos, sendo o mais curto para as térmicas convencionais e o mais longo para as nucleares ou as grandes barragens.

(1) Uma dependência semelhante em percentagem verifica-se, por exemplo, para França e para a Suécia.
(2) E. N. P. E. — relatório GT5.

2.3 No contexto anterior, a solução nuclear merece particular referência. A solução nuclear, tal como a solução hidroeléctrica, caracteriza-se pelo valor muito mais elevado do investimento e pelos custos mais baixos da exploração, relativamente à térmica clássica. O custo do MW Nuclear é da ordem dos 21 400 contos/MW e da térmica clássica de 8 800 contos/MW (segundo a C. P. E.).

O problema do Nuclear tem sido tratado entre nós, e não só, de modo bastante emocional. Contra tal solução objectam entre outros os ecologistas. A favor, as grandes empresas fornecedoras de energia eléctrica, muitos organismos oficiais e... naturalmente os construtores de equipamento.

Numa análise serena verifica-se que os ecologistas perdem com frequência a imensa razão que lhes assiste, invocando, por vezes, argumentos sem qualquer fundamento científico. Este ponto é geralmente explorado a fundo pelos seus opositores que dispõem de recursos materiais e humanos tremendamente superiores, geralmente o poder político e uma certa aura de competência científica e técnica habilmente promovida. Infelizmente, o que se tem notado é que a competência científica e técnica de que indicutivelmente dispõem em sectores específicos é utilizada o mais das vezes para mascarar os verdadeiros problemas que se põem, induzindo em erro a opinião pública acerca do grau de segurança que podem atribuir às suas afirmações. De facto, no nosso próprio país, o peso das organizações, dos interesses pessoais (prestígio, etc.) e das influências que confluem para a solução nuclear não é de molde a tranquilizar-nos acerca da decisão final. Para tal, contribui a falta de perspectiva e de visão de muitos responsáveis que pensam irremediavelmente perdidas as suas carreiras ou os seus interesses se no nosso país não vierem a instalar-se reactores nucleares num futuro próximo. Diríamos que tal mediocridade de visão só pode prejudicar todos, pois é óbvio que existem amplíssimos sectores, desde a protecção, à fiscalização e à utilização das suas competências e meios noutros domínios do Nuclear que seria estultícia pensar serem suficientes os recursos de que dispomos actualmente.

Entretanto, vão surgindo novos argumentos a que o circunstancialismo em que nos encontramos pode dar uma aparência de decisivos. Encontra-se entre esses o da independência nacional, escorado no facto de termos urânio e de as fontes de urânio se encontrarem largamente disseminadas pelo mundo. O argumento é falacioso. Por um lado existe (no ocidente) apenas um tipo de reactor capaz de utilizar urânio natural e a sua tecnologia é dominada por um único país. Por outro, creio que poucos advogarão tal solução tendo em conta as reservas que possuímos e as limitações em capital.

Todos os outros tipos de reactores usam urânio enriquecido, e tal enriquecimento é apenas feito basicamente em dois países — os chamados dois grandes! A diversificação reduz-se a pouco, na verdade! Sucede ainda que o rendimento térmico é baixo nos reactores actuais. Para o futuro próximo estão-nos prometidos os reactores avançados, do tipo «breeder». Quanto a esta proximidade no futuro, é frequente esquecer que entre a decisão de construir o primeiro reactor nuclear para a produção de energia e a sua entrada em funcionamento comercial, medearam 25 anos! Os avanços que nos prometem dependem de tecnologias ainda desconhecidas. Em compensação, a utilização da energia dos ventos, do Sol, das ondas e mesmo da geotérmica dependem apenas da aplicação (não da descoberta) de tecnologias perfeitamente conhecidas e dominadas.

Relativamente à solução nuclear, a C. P. E. divulgou no E. N. P. E. um estudo económico base sobre o problema. Não pomos em causa a isenção nem o nível do trabalho nas premissas em que se colocou. Mas a simpatia por tal solução é transparente e o resultado final nem sequer lhe é decididamente favorável no actual contexto. Por um lado, revela-se um optimismo considerável na fiabilidade de tal tipo de equipamento, que não está de acordo com a experiência acumulada nos reactores em efectiva operação comercial. Por outro, sobrestima-se consideravelmente a participação nacional, não tendo sequer em conta, como a experiência revela, que muito da chamada participação nacional consiste na canalização de pagamentos para o exterior através dos «construtores nacionais».

Para não nos alongarmos na explanação de aspectos nem sequer ainda aflorados, pode perguntar-se:

— com a gravíssima crise de emprego que atravessamos;

— com as tremendas dificuldades quanto a divisas que nos afligem;

— com tecnologia nacional capaz da integral realização das barragens, e das centrais térmcas clássicas;

— tendo em conta o número de empregos na construção civil, e na indústria mecânica e eléctrica nacional que a realização de barragens ou centrais clássicas pode representar e o factor de arrastamento que representam para inúmeros outros sectores;

— com reservas de urânio distribuídas por quase uma centena de minas e que se esgotariam em cerca de quinze anos.

terá sentido defender uma solução nuclear, exigindo vultosíssimos empréstimos externos? Será legítimo invocar a independência nacional ou mesmo facilidades adicionais de créditos externos para este tipo de solução na contrapartida de o fornecedor ser do bloco de países ou do país onde tal crédito se concede? Parece-me bem que não. Assim como se nos afigura que a instabilidade nos preços do petróleo bruto tem sido argumento cómodo para demasiadas coisas, entre as quais o nuclear.

3. O FUTURO PRÓXIMO

3.1 Creio que o 25 de Abril de 1974 deu aos Portugueses a sensação de que pelo menos durante uns meses poderiam livremente confundir desejos com realidades e agir de acordo com tal estado de espírito. A euforia segue-se geralmente a depressão ou a fuga para o imaginário. Ora, a nossa realidade presente é bem concreta e nada brilhante. Por isso corremos o risco grave de novamente abdicarmos de um modo autónomo de pensar e de agir que tendo em conta as limitações concretas que a realidade nos impõe nem por isso nos afaste da evolução para uma sociedade mais justa.

Uma perspectiva global sobre a futura evolução da Humanidade e dos sistemas sociais diz-nos que a Natureza, ela própria, que pretendemos dominar e explorar, nos obrigará a caminhar para o socialismo... ou será o suicídio colectivo. Reduzido o problema a termos energéticos, é inelutável a redução das taxas de crescimento global em futuro não distante e a final estabilização. Tal não significa que o bem-estar de todos se deteriore , mas apenas que a irracionalidade de certos sistemas político-económicos e dos valores que lhes andam associados se altere profundamente. Esta a perspectiva. Entre nós, a realidade nua e crua é a baixíssima capitação dos consumos energéticos médios, a escandalosa desigualdade entre regiões e pessoas, a chocante irracionalidade com que utilizamos o pouco de que dispomos. Parece, pois, que a linha de actuação imediata se deve orientar no sentido do aproveitamento máximo de todos os recursos de que dispomos, de incrementar a disponibilidade global de energia e de actuar eficazmente no sentido da redução das desigualdades. A política energética que vier a ser seguida tem muito que ver com a evolução próxima e futura da sociedade portuguesa e através das medidas que vierem a ser tomadas poderemos com segurança discernir para onde efectivamente caminhamos, independentemente da roupagem verbal de que se apresentarem revestidas.

3.2 Se quisermos de facto resolver os problemas da nossa economia a curto prazo, teremos de encarar a política energética na dupla óptica da poupança e do aumento das disponibilidades. Tais ópticas não são contraditórias mas sim complementares, pelo que temos algum receio que se caia no primitivismo de a todo o custo querer diminuir as importações. O que uma política inteligente poderá conseguir, pensamos, é estabilizar numa primeira fase o seu crescimento aumentando simultaneamente a disponibilidade interna em energia útil, reduzindo o desperdício e o consumo supérfluo. Evitamos deliberadamente o termos poupança para evitar conotações com certas medidas preconizadas e publicitadas que levam a cortar alguns anúncios de «neon», ou a apagar as luzes em certas companhias importantes continuando os administradores, e não só, a manter o ar condicionado com a janela aberta, ou a utilizar veículos de grande consumo ao serviço das suas acumulações ou dos caprichos do seu deambular em nome do socialismo. Reduzir os anúncios, etc., etc., deve fazer-se, naturalmente, mas ficar por essa demagogia seria grave. Aumentar o preço da gasolina, sabendo que o consumo recupera passado um ou dois meses, pode ser um meio, nem sequer subtil de aumentar os impostos ou acelerar a inflação. Se o pão aumentar para o triplo, também é previsível que o seu consumo esteja «recuperado» passado uma semana! Quem pagou não foram certamente as classes mais privilegiadas, que poderão certamente continuar a passear todos os fis-de-semana e não apenas em fins-de-semana alternados. Os políticos que propõem este tipo de medidas terão certamente as suas razões... tenho algumas dúvidas é que abarquem devidamente as implicações que decorrem dos Princípios da Termodinâmica, numa política de energia.

Insistimos: que se pretende com o aumento dos preços da gasolina (em nome de uma política de austeridade) sabendo que os consumos se recuperam no prazo de um ou dois meses? Que medidas complementares foram pensadas para que tal atitude se distinga minimamente na sua óptica e no seu alcance das que caracterizaram a agonia do Marcelismo? Será que alguns importantes sectores económicos que todos conhecemos pelo seu «apoio» ao socialismo vão defender publicamente a contenção dos salários e aumentar internamente, com toda a discrição, os subsídios de refeição... (e por que não de gasolina?) à custa de todos nós?

3.3 A sugestão de actuações concretas que podem ser implementadas desde já, as medidas cujos efeitos se farão sentir a curto e médio prazo e finalmente aquelas que apontam para um novo modelo de sociedade formam um todo harmónico que tem de assentar em sólidas bases científicas e tecnológicas, na análise exaustiva dos nossos circuitos de energia e na desmontagem das razões subjacentes à actual situação. Por carência de dados, os valores quantitativos que iremos apontar baseiam-se em estimativas (naturalmente falíveis na sua expressão numérica). As sugestões serão também a título indicativo por óbvias razões de tempo e de espaço.

3.4 *Transportes:* consideremos novamente alguns dados de base. Os consumos energéticos por passageiro transportado apresentam a seguinte ordem ordem de grandeza relativa (E. U. A.):

a) Transporte interurbano:

autocarro (45 % de factor de carga)	~ 1,
caminhos de ferro (35 % de factor de carga)	~ 1,8
automóvel (48 % de factor de carga)	~ 2,2
avião (50 % de factor de carga)	~ 5,25

b) Transporte urbano:

trânsito de massas	~ 1
automóvel	~ 2,13

c) Transporte de carga: índices por tonelades (E. U. A. — 1970)

pipe-line	~ 1
caminhos de ferro	~ 1,4
vias fluviais	~ 1,5
camião	~ 6
avião	~ 80

Não temos valores para o nosso país, mas os factores de escala não são fundamentais, excepto para os pipe-lines pelo que as ordens de grandeza não andarão muito longe das indicadas, excepto se houver situações aberrantes, como é o caso do nosso caminho de ferro, dada a situação extremamente desvantajosa que lhe foi criada. Excluindo o pipe-line, pelo domínio muito particular da sua utilização, o transporte ferroviário representa, em termos energéticos, uma tal vantagem que mesmo nos países de economia capitalista se constata um aumento de interesse no seu desenvolvimento. A evolução global, só pode acentuar esta tendência, pois não só ela é já a de menores exigências energéticas relativas como aquela em que os potenciais de poupança em energia são mais elevados. É mesmo o único que permite encarar em larga escala a recuperação da energia perdida na travagem, desde que se usem redes electrificadas. Independentemente deste excepcional potencial de recuperação, é o modo de transporte em que:

— se conseguem rendimentos mais elevados do motor (sobre-alimentação, recuperação de gases de escape, etc.);

— se obtêm menores resistências de rolamento e se podem substancialmente reduzir as perdas aerodinâmicas;

— mais facilmente se alcançam os regimes óptimos para os motores, e mais reduzidas taxas de poluição atmosférica.

Se atendermos a que o custo do Km de via dupla para 200 km/h é quando muito equivalente ao de uma auto-estrada; se considerarmos que a indústria nacional tem já capacidade para a fabricação de 90 % pelo menos do material circulante, assim como de carril e de travessas; se temos capacidade para a desenvolver e modernizar, usando quase exclusivamente os recursos tecnológicos e industriais de que já dispomos e se o caminho de ferro se apresenta de modo claro como um das vias de evolução no futuro, não seria de o encarar desde já na perspectiva que deve ter, liberto dos tradicionalismos e ideias feitas que o tornaram o que sabemos?

Tal política não significa a supressão do transporte rodoviário mas sim a sua utilização na óptica adequada: o transporte a curtas e médias distâncias em estreita congregação com o caminho de ferro.

Se, pelo contrário, se continuar a pensar em termos de automóvel e de transporte rodoviário, a situação só poderá continuar a agravar-se: em termos energéticos, em termos puramente económicos e de custos sociais. Se considerarmos a independência nacional, valerá talvez a pena reflectir sobre se interessa desenvolver as capacidades que já possuimos, se vamos utopicamente continuar a pensar no automóvel português e em tudo o que tal significa em termos sociais, continuando entretanto a importar maciçamente como o temos feito, isto é, de um modo que nem sequer permitiu o desenvolvimento de uma significativa indústria de componentes.

3.5 *Indústria:* a produção de energia eléctrica em centrais térmicas desperdiça em média 2 KWh em combustível por cada 1 KWh produzido. Dos 2 KWh actualmente perdidos podem ser recuperados de 20 a 80 % se as centrais forem concebidas como parte integrante de uma instalação para fins múltiplos. Ao nível das grandes centrais a implementação destas medidas só se fará sentir depois de 5 a 10 anos após a decisão. Se a central for nuclear, as perdas energéticas são maiores, e os prazos de realização também.

— Na utilização de electricidade para aquecimento, seja de que natureza for, desperdiça-se mais do dobro do que sucederia usando directamente o combustível nessa função (as nossas donas de casa certamente já se deram conta da substancial diferença do custo de cozinhar a gás ou a electricidade, apesar do equipamento doméstico de queima ser geralmente de qualidade inferior quanto a rendimento).

— A partir de certa dimensão, o transporte de energia sob forma eléctrica (por cabo de alta tensão, mesmo aéreo) é significativamente mais elevado do que o correspondente transporte sob a forma de combustível (líquido ou gasoso) além de que a sua capacidade de resposta a variações amplas de consumo em período curto é francamente inferior. Em termos sociais, se a disponibilidade de energia nas zonas rurais tem de aguardar a expansão da rede eléctrica geral, muitos anos se irão passar antes de poder vir a dispor desse benefício, mesmo admitindo que, por essa altura, seja técnica ou economicamente defensável tal solução centralizada.

— Cerca de 30 % do actual consumo de energia destina-se à indústria. Algo como 80 a 90 % é usado ou directamente em fornalhas (para utilização directa do calor) ou câmaras de combustão onde a energia térmica se transfere para um fluido que facilite a distribuição de energia (caldeiras para aquecimento e/ou produção de vapor de processo). Economias da ordem dos 10 % são imediatamente possíveis com simples afinações, racionalização da condução e modificações menores. Uma significativa poupança a curto prazo, de valor igual ou superior, é possível com modifica-

ções no sistema de queima e com a introdução de recuperadores e regeneradores de calor.

Em todas as instalações que utilizam vapor do processo, algo que pode ir aos 10 %, pode ser imediatamente poupado evitando as fugas e recolhendo os condensados.

Deixamos propositadamente para o fim um aspecto que caracteriza bem a fúria concentracionária no sector da electricidade e a tacanhez científica e tecnológica mesmo sob o ponto de vista capitalista que a amamentou. Trata-se das instalações de contrapressão nas quais se produz electricidade com um rendimento de conversão da ordem dos 85 % simultaneamente com a produção de vapor do processo (ou de aquecimento). Mesmo nos E.U.A., a economia global estimada ronda os 30 % com a generalização de soluções deste tipo. Entre nós, um decreto que revogasse, já, as disposições contra esta solução, permitiria nalguns casos que entrassem em imediato funcionamento equipamentos já instalados e que continuam aguardando que pelo menos o bom senso venha finalmente prevalecer.

Ainda no âmbito da energia apenas uma nota quanto à reciclagem de metais e às indústrias de consumo intensivo de electricidade. Considerando, por exemplo, o alumínio, a reciclagem representa economias de 30 para 1 em relação à extracção a partir do minério. Aqui e de novo, os problemas do ambiente, de par com os da economia e da racionalidade na utilização de recursos, apontam no mesmo sentido.

3.6 *Indústria da produção de electricidade e novas fontes de energia.*

1. A produção de energia eléctrica no nosso país começou dispersa e local, verificando-se a partir do arranque dos grandes empreendimentos hidro-eléctricos a sua acelerada concentração e monopolização. O sector encontra-se hoje nacionalizado. A última concentração operada foi-o pouco antes de 25 de Abril. É no arranque da fase concentracionária que se assiste praticamente à supressão por via legal das soluções de contrapressão já anteriormente referidas.

A centralização da produção e o monopólio da distribuição tiveram a seu favor decisivos argumentos de ordem técnica e económica na fase da hidro-electricidade, que correspondem em todos os países ao periodo de arranque para a industrialização. Neste momento, porém, a hidro-electricidade já não tem o peso que tinha no sector energético e cada vez terá menos. Creio, porém, que os aspectos negativos inicialmente marginais de tal orientação podem vir a tornar-se dominantes se não forem contrariados a tempo.

Em inglês, «poder» e «potência» (energia por unidade de tempo) designam-se pela mesma palavra «power». Antes de 25 de Abril de 1974 a indústria de produção de energia era já um enorme potentado, pelos investimentos que representava e pelo efectivo poder de controlo de que dispunha não só a montante, no mercado interno dos equipamentos (era o único cliente importante) como a juzante, através das actividades utilizadoras e dos preços que praticava. Um índice desta situação privilegiada é, por exemplo, o dos salários em muitos escalões, mas não só.

O facto de o sector estar hoje nacionalizado só significou, por enquanto, que desapareceu o vínculo jurídico que ligava o accionista ao privilégio económico. A supressão de tal vínculo, ou a mudança de uns quantos administradores não implica necessariamente que as estruturas internas de repartição de benefícios se tenham substancialmente alterado numa óptica socialista. Pelo contrário, as condições existentes são susceptíveis de vir a reforçar uma evolução oposta (em nome do socialismo). A própria verticalização do sector ajudará nesse sentido se não forem previstos os mecanismos que o contrariem. Ora, a motivação com base no estímulo material (embora encapotada) traz como consequência dois efeitos imediatos: o reforço das relações de tipo capitalista e o estímulo ao oportunismo político. Temos já exemplos flagrantes, nalguns sectores, de que tal se está a passar. Nem todos se aperceberão de imediato, mas acabarão sentindo-lhe os efeitos. E não é certamente quem os sente e os sofre no dia a dia, que será o reaccionário: é quem os provoca.

2. A doença comum nas grandes centralizações é o crescimento pelo crescimento e o poder pelo poder nas suas múltiplas formas.

A inovação, a descentralização expontânea, a criação de formas alternativas e de maior interesse social não são historicamente a sua característica, nem as estruturas psicológicas e de comportamento se alteram subitamente, por magia. Estruturas deste tipo (vidé funcionalismo público por ex.) tendem muito mais à auto-perpetuação do que à mudança que envolve risco. Esperamos que isto não suceda no sector da energia. Esperamos que ele reconheça as suas ineficiências e que utilize os imensos poderes de que dispõe para servir efectivamente a sociedade portuguesa e impulsionar decididamente a sua evolução. Aguardamos as propostas do grupo de trabalho para reestruturação do sector de energia eléctrica formado por especialistas que a ele pertencem e confie-se na sua ampla divulgação, incluindo o pormenor das estruturas salariais e dos benefícios extra-salariais e do seu reflexo no custo final que teremos de pagar pelo KWh real (i. e., sem os subsídios indirectos que todos nós pagamos).

3. As considerações anteriores ajudarão a enquadrar o modo como o grande sector nacionalizado da energia eléctrica — da produção à distribuição — vai encarar não só os esquemas de poupança como aqueles em que a utilização dos benefícios da energia eléctrica (e não eléctrica) conduzam a um abrandamento ou mesmo independência em relação ao seu controlo.

Tendo em conta o custo do transporte, continuar-se-ão a invocar «economias» de escala que favorecem as grandes centrais e as grandes concentrações numa certa óptica de optimização, ou vão alargar-se os parâmetros intervenientes nessa optimização e fomentar, por exemplo, os pequenos aproveitamentos localizados ou regionalizados?

Em relação aos construtores e projectistas nacionais de equipamento vai-se usar o prático monopólio para os estimular tecnológica e economicamente, ou, a pretextos vários, de entre os quais uma falsa segurança vai-se obrigá-los a andar ao passo do consultor ou financiador estrangeiro? Opções claras e inequívocas nesta matéria são verdadeiramente cruciais para o nosso futuro.

Seria injusto inferir do seu comportamento passado que as grandes empresas nacionais do sistema electroprodutor foram um travão, mas também não seria correcto omitir que o seu impacto poderia ter sido bem maior e que poderia ter evitado que o património nacional tivesse financiado inovações e desenvolvimento de «know how» que só ao fornecedor estrangeiro beneficiou. Esperamos também que não caiam no folclore de publicitar realizações menores que só servem para iludir o não iniciado fazendo-o inferir uma independência sem qualquer significado.

4. No sector da energia, um dos aspectos mais frizantes da concentração e do espectacular foi o desprezo pelo enorme potencial que representam certos aproveitamentos de pequena escala ou certas melhorias na poupança. Esta pecha não é só nossa mas dos chamados países «desenvolvidos», cujas unidades de PNB têm sido usadas como índice para «medir» a civilização!

Como ainda recentemente alguém notava, todo o potencial financeiro e tecnológico foi mobilizado para a produção em larga escala e praticamente nada para o aproveitamento mais racional e melhoria da qualidade do equipamento em termos de economia global. O baixo preço do petróleo bruto ajudou a isto tudo, mas não só. Contribuiu bastante o facto de não ser obviamente atractivo para esta ideologia concentracionária o desenvolvimento de aplicações tecnológicas cujos resultados não fossem facilmente enquadráveis no sistema, ou dificilmente protegíveis por patentes. Foi por isso que assistimos e continuaremos a assistir a investimentos maciços no desenvolvimento das tecnologias nucleares (60 % dos fundos para R&D em França; 65 % na R. F. A.; 80 % no Japão; 50 % no Canadá (*)) e comparativamente quase nada para o aproveitamento da energia solar, dos ventos, das ondas, da recuperação do calor perdido, etc., etc. em que não era necessário aguardar o incerto aparecimento de novas descobertas e tecnologia, mas apenas promover a aplicação das já existentes. Por arrastamento, por mimetismo, por incapacidade de nos assumirmos este é também o pensamento ainda prevalecente entre nós. E consideramo-lo de tal modo condicionante, que não nos alargaremos mais na descrição das múltiplas possibilidades abertas à nossa iniciativa realizadora pela utilização das formas não convencionais de energia, que não exigem importação de combustíveis e que estão ao alcance da nossa indústria. Ficará para outra altura o abordar deste tema.

3.7. *Agricultura:* De acordo com os cânones tradicionais da macro-economia, em que o bem-estar se mede em pontos de PNB, e a sanidade de uma estrutura desenvolvida pela percentagem de população activa ligada à agricultura, progredimos algo nesses índices com a emigração para o estrangeiro, a migração para os centros urbanos e províncias do litoral e também pelo desenvolvimento da indústria.

Quando se consideram tais percentagens de distribuição de população activa na agricultura, o que os números agregados não revelam é:

— a percentagem de população saída do campo e que continua a trabalhar para essa agricultura,

— o custo energético do processo,

— o fenómeno monopolista que se lhe encontra subjacente.

Como já referimos, a desconcentração tem implicações directas nas estruturas de poder e de controlo que contrariam as estruturas típicas duma sociedade capitalista (que pode ser de capitalismo de estado). É lógico, nesta óptica, que se não tivesse evoluído no sentido da criação de condições atractivas de vida fora dos grandes centros urbanos. Para se obter um efeito inverso, ou pelo menos para travar este êxodo e todos os dramas e traumas inhumanos que provoca, é imprescindível um acelerado progresso das zonas rurais. A disponibilidade de energia representa aqui, novamente, um factor muito importante, não só nas próprias condições de trabalho, como de habitação, de mobilidade e de autonomia das comunidades. Não cremos que tal se consiga apenas com a chamada electrificação rural a partir da rede geral interligada, não apenas pela morosidade inerente como pelos encargos que representa, e até pela pouco atractiva rendibilidade que oferece na óptica tradicional. Já anteriormente referimos que a criação de centros autónomos de produção local e a utilização de combustíveis e de formas não convencionais de energia (solar e eólica, etc.) podem constituir a solução imediatamente mais adequada. Caminhar no sentido, por muitos considerado paradigma, de uma agricultura tipo americana, apresentada sempre como das de mais elevada produtividade, merece alguma reflexão prévia, sobretudo necessária pelo mimetismo que tanto nos tem preju-

(*) J. Hartnett — The case for alternate energy sources — International Center for Heat & Mass Transfer, 1975.

dicado. É por isso oportuno chamar a atenção para os seguintes factos (**):

— por cada trabalhador no campo há efectivamente mais dois que trabalham para ele. A estes há que juntar todos os que trabalham no conjunto de actividades que vivem do sistema alimentar: processamento, transporte, venda, etc.

— por cada unidade de energia extraída da terra sob a forma de produto alimentar foram gastas 5 em 1940 e 9 em 1970. Estes números não apresentam qualquer sintoma de vir a estabilizar.

— apesar da elevada «produtividade» do solo, assim conseguida, o preço da alimentação no consumidor é muito mais elevado que em sistemas de outros países. O americano médio dispende em alimentação ~ $600/ano, o que é superior ao PNB per capita da maioria dos países.

Pergunta-se:

A quem serve uma produtividade tão elevada e que significa essa produtividade ou o número que caracteriza a população na agricultura, se o mesmo varia de 1-3 (pelo menos) consoante a classificação, se o resultado final é um preço mais elevado no consumidor e se o agricultor «ganhou» apenas o ficar amarrado a um trabalho em série numa cadeia de produção? Em termos ecológicos e humanos será este o sentido do desenvolvimento e do bem-estar?

4. A ECONOMIA NACIONAL E O PREÇO DO PETRÓLEO BRUTO

Em termos energéticos, facilmente se depreende que grande parte do nosso raciocínio assenta na presunção de que pelo menos a curto prazo estamos estreitamente dependentes do petróleo. Esse é um dado evidente para a maioria, pois uma economia não se reconverte instantaneamente. E é porque se não reconverte, e a dos países poderosos e altamente industrializados também não, que se me afigura pura utopia começar já a reconverter a nossa para dele prescindirmos em futuro próximo. Com capacidade largamente excedentária de refinação, o que deve depreender-se do anterior é que devemos utilizar o petróleo o melhor possível e tirar dele todas as possibilidades que nos oferece a curtíssimo e médio prazo.

Esta atitude filia-se em vários motivos:

— a nossa própria dependência em relação aos blocos económicos existentes e a fracção que representamos de consumo far-nos-á irremediavelmente acompanhar as suas flutuações.

— o preço do petróleo acabará fatalmente por ser fixado pelo limiar da competitividade de outras formas de energia — carvão, nuclear, etc. Esse limiar será estabelecido pelos grandes blocos económicos, não por nós. Os últimos aumentos verificados correspondem mais a compensar a inflação que a aumentos reais.

— os maiores produtores de petróleo encontram-se em estado de desenvolvimento industrial que não é superior ao nosso.

— com a capacidade tecnológica que já possuímos, e com a indústria que já temos, a nossa possibilidade de venda de produtos com maior incorporação de tecnologia nacional é muito maior em relação a países do terceiro mundo do que em relação aos tecnologicamente avançados.

A afirmação de que podemos substancialmente incrementar o valor dos nossos produtos com incorporação de tecnologia nacional poderá parecer utópico. O que a experiência revela é que, em certo equipamento pesado (pórticos, pontes rolantes, etc.) estamos actualmente na vanguarda. Em centrais térmicas clássicas o nosso maior travão é constituído pela própria dependência em que nos colocámos. A barreira é vencida logo que, internamente, se lhes permita afirmar essa independência e qualidade, da qual decorre a competitividade em mercados externos, sobretudo do terceiro mundo (mas não só). Na construção de barragens, empresas portuguesas encontram-se pelo menos em igualdade quanto a nível de concepção, projecto e realização como o revelam as realizações já feitas noutros países. O número de exemplos poderia mutiplicar-se quase indefenidamente.

No sector da energia, a própria alteração nos equipamentos e seu modo de utilização a que o aumento de preços do petróleo obriga, abre-nos a possibilidade de novas soluções com a tecnologia e recursos de que dispomos e, consequentemente, a oportunidade de não irmos de novo atrás.

*
* *

O curso que hoje se inicia insere-se nesta perspectiva. Esperamos que a luta que consistentemente temos travado nos últimos quinze anos no sentido de se criar uma investigação de tipo fundamental com a preocupação de ser aplicável encontre finalmente o apoio daqueles a quem fundamentalmente se dirige. Seria realmente frustrante ter de continuar a recorrer ao estrangeiro para que o fruto do labor de todo este (pequeno) grupo faça chegar até cá o fruto do seu trabalho até hoje muito pouco apreciado e mal compreendido por aqueles a quem sempre se destinou: O Povo Português.

(**) Steinhart — Energy: source, use and role in human affaires, Duxbury Press, 1974.

NOTA:

Já depois de escrito este trabalho, tivemos conhecimento dum trabalho bastante completo feito por um grupo de trabalho da União Internacional de Caminhos de Ferro e ainda de estudos elaborados pela S. N. C. F. e pelo Conselho Superior dos Transportes em França (1974), relativamente aos consumos energéticos dos vários meios de transporte. Os estudos abrangem vários países do mundo e cobrem uma vasta gama de condições.

As conclusões a que chegam reforçam significativamente o que anteriormente apresentamos pois mostram que os índices relativos ao caminho de ferro são ainda mais favoráveis do que os que tínhamos indicado baseados nos E. U. A.. Por outro lado, mostra-se que o consumo energético global aumenta apenas de 4,5 % para um aumento de tráfego de 6 % (sem alteração de equipamento) o que exprime uma diminuição do consumo específico com o aumento do tráfego, o que é significativamente favorável ao caminho de ferro.

As vantagens já mencionadas devem acrescentar-se o baixíssimo índice de acidentes relativamente ao tráfego rodoviário.

Quanto à comparação da via férrea dupla com a auto-estrada — cujos custos por km são equivalentes — as capacidades relativas de débito de passageiros são as seguintes:

Auto-estrada de 4 vias: 2 000 passageiros/hora
Via férrea dupla: 15 000 a 50 000 passageiros/hora

Por outro lado, ocupa em média uma faixa de terreno com 28 m de largura, contra 15 m na via férrea.

Cremos que estes resultados merecem ser divulgados e meditados. Por isso os incluimos em nota adicional.

NÚMERO 437 DEZEMBRO DE 1976 ANO LI VOLUME XXXVIII

C. D. U. 620.9:338.91

Alternativas energéticas [*]

J. J. DELGADO DOMINGOS
Prof. Catedrático I. S. T.
C. T. A. M. F. U. L.

RESUMO

Qualquer actividade humana tem um custo em energia. Analisar o dispêndio em energia de todas as actividades é objectivo da Análise Energética. Neste artigo consideram-se valores já conhecidos para as principais actividades e extraem-se as ilações para o caso de Portugal. Conclui-se com a enumeração de um plano possível de diversificação energética para o caso português, tendo em conta os problemas do emprego e do desenvolvimento económico.

SUMMARY

Every human activity has an energy cost. To establish those costs is the object of Energy Analisys. This paper considers values already known for energy costs in the main human activities and points the implications for Portugal. Some points for a viable program of energy diversification in Portugal are refered, taking into account the problems of employment and economic development.

1. A SITUAÇÃO EM PORTUGAL

Portugal importou em 1975 cerca de 25 milhões de contos em produtos alimentares e mais de 12 milhões em combustíveis líquidos. Os dois sectores representam cerca de 75 % do deficit da nossa balança de pagamentos. Em 1976 a situação é mais grave não só devido à importação de energia eléctrica, como à de produtos alimentares.

Por outro lado o País encontra-se a braços com uma gravíssima crise de emprego e praticamente sem divisas e sem capitais para investir. Enfrenta ainda uma subida visível na droga e na delinquência, ambas sintomas graves da doença social que tem na repressão a outra componente típica.

O relançamento da economia e a criação de postos de trabalho, que não assentem na exploração de mão-de-obra barata, só pode ser encarada numa perspectiva global e realista das nossas potencialidades e recursos. Essa perspectiva não pode ignorar os parâmetros fundamentais que determinarão a evolução dos países altamente industrializados e os do terceiro e quarto mundos. Encontrando-nos na charneira de uns e outros, nem hiperindustrializados nem subdesenvolvidos, importa sobremodo descortinar as consequências das medidas que possam ser tomadas. Os governos provisórios, culminando no VI, tomaram muitas medidas que contradizem flagrantemente a curto, médio e longo prazo os propósitos que afirmaram querer alcançar. Neste contexto, as que se referem à energia, aos transportes e à alimentação têm particular significado. A mesma falta de visão integrada reflete-se nos sectores nacionalizados, na educação, na saúde, na investigação científica e tecnológica, etc. A nota saliente, em muitos casos, foi a superficialidade das análises relativas à crise económica e social do mundo contemporâneo e a ignorância dos factores determinantes que um mínimo de conhecimento científico imediatamente revelaria.

Invocar como modelo democracias ocidentais ou socialismos de leste e desconhecer as importantíssimas correcções já em curso, apenas porque muito recentes, corresponde a afirmar que não se deseja cometer os erros que os outros cometeram e na realidade insistir nas orientações que os geraram.

(*) Palestra proferida em 8.6.76 na S. N. B. A., a convite do Movimento Ecológico Português e integrada nas comemorações do Dia Mundial do Ambiente. (Resumo).

Para cúmulo, desconhecem-se os erros que eles próprios já detectaram e procuram minimizar à custa dos ingénuos ou incautos que a pretexto de independência praticam, na realidade, os actos próprios da subserviência.

Tal atitude, é bem ilustrada pelo modo como entre nós se têm abordado as crieses da energia e do ambiente, da alimentação e do emprego. Não pondo em causa a sinceridade e boa fé dos seus autores, não podemos deixar de veementemente chamar a atenção para o facto de as tão propaladas medidas de austeridade e relançamento da economia virem afinal levantar problemas de competência mesmo ao nível do senso comum.

2. AGRICULTURA E ENERGIA

Ao visitar-nos o ano passado René Dumond chamou a atenção para o trágico futuro que se avizinha quanto à produção de alimentos. René Dumond baseava-se em dados da F. A. O. e na sua própria experiência. Todavia, importa acentuá-lo, os problemas alimentares mais não são que o elo lógico da cadeia energia-ambiente-alimentação.

Muito embora a crise da energia surja após a do ambiente, ela estava-lhe subjacente, tal como está à crise de produção de alimentos. Uma análise baseada na Termodinâmica já há anos apontava tal ligação de causa efeito. Os dados actualmente conhecidos só vêm confirmá-lo em efeitos abarcáveis por economistas e políticos.

É uma lei física fundamental que só pode intervir-se no mundo físico manipulando fluxos de energia. A revolução industrial, iniciou-se com a capacidade de usar a energia química contida nos combustíveis fósseis. Esta capacidade permitiu-lhe elevar a produção agrícola por hectare a níveis espectaculares. Porém, ao fazê-lo, não aumentou substancialmente a produtividade do sistema alimentar considerado globalmente. O que ganhou na terra, perdeu-o nas indústrias subsidiárias. A análise energética da agricultura permitiu recentemente pôr em evidência que 20 a 30 % do produto do trabalho nos países industrializados do ocidente é gasto na alimentação e que tal valor não se afasta significativamente da percentagem exigida em muitas regiões subdesenvolvidas do terceiro mundo. Em verdade, o horário normal de trabalho nos países «desenvolvidos» é mais reduzido. Todavia, se nas horas gastas com o trabalho obrigatório incluirmos as dispendidas no transporte casa-emprego-casa, o horário obrigatório aumenta significativamente. Se lhe juntarmos o desgaste nervoso e contabilizarmos os gastos que tal origina em médicos e remédios, chegaríamos certamente a inesperadas conclusões. Continuemos, porém, na linguagem objectiva dos números e da Ciência.

A análise energética é um ramo científico recente, resultante da conjugação de aspectos da análise económica com princípios fundamentais da Termodinâmica.

A análise energética, aplicada ao sistema alimentar dos E. U. A., revela, por exemplo, que a subida exponencial na produtividade agrícola verificada entre 1920-1957, se deveu à utilização crescente de energia no sistema alimentar ,sobretudo através de fertilizantes e de maquinaria agrícola. A produção alimentar por hectare, começa no entanto a inflectir a partir de 1957-59 e inicia-se um período de saturação que não cessou desde então de confirmar-se, apesar da utilização de energia no sistema alimentar ter continuado a crescer cada vez mais.

Em termos de energia, o número de calorias que foi necessário dispender no sistema alimentar para obtenção de uma caloria sob a forma de alimento não cessou de crescer. Actualmente, são necessárias, em média, cerca de 9 calorias (sob a forma de fertilizantes, pesticidas, corantes, conservantes, ambientes artificiais, rações artificiais, combustível para transportes, máquinas agrícolas, etc) por cada caloria que se obtém nos alimentos. Tal relação é semelhante no Reino Unido, na Holanda e na Austrália e não cessa de crescer. Os valores da energia gasta englobam toda a energia gasta entre a produção na terra e o balcão de venda no supermercado.

Como o aumento de energia fornecida por hectare tende a aumentar a produção (e, portanto, a energia solar fixada nos alimentos) a degradação energética anteriormente referida pareceria para alguns um contrasenso, A aparente contradição é apenas fruto duma óptica sectorial que reduz o sistema alimentar à exploração agrícola. Ora o sistema alimentar não é apenas isso. É também a produção de fertilizantes, de pesticidas, de embalagens, de corantes, de rações, e também o seu transporte para o campo e o transporte dos produtos agrícolas para a cidade, para a fábrica de conservas, etc. Quando se considera o conjunto, verifica-se que o ganho na produção sobre o terreno se foi aceleradamente perdendo no fabrico de rações, no de fertilizantes, nos transportes, nas embalagens, etc.

Uma decomposição mais pormenorizada nos casos em que os dados conhecidos o permitem revela que a degradação mais importante resulta das embalagens perdidas (metálicas, de plástico, etc.) dos fertilizantes e pesticidas e dos transportes de mercadorias que um sistema alimentar daquele tipo representa.

Tal tipo de sistema alimentar é um sistema de desperdício: despreza os fertilizantes naturais produzidos localmente. Desgasta os recursos naturais de minérios, não reciclando. Aumenta a poluição, acumulando em desperdícios o que era reciclável. Deslocou a população das comunidades agrícolas para os grandes aglomerados urbanos, embora continuando ligados ao mesmo sistema alimentar. Concentrou. Concentrando, aumentou o peso dos transportes e do desperdício. Paralelamente aumentou o consumo energético. Como o consumo energético é sobretudo o de formas não renováveis e importadas,

os preços da energia repercutem-se imediatamente no preço dos alimentos. Como o desequilíbrio energético aumenta, aumenta naturalmente o custo da alimentação.

É por isso que o cidadão médio não viu diminuído o número de horas que tem de trabalhar para se alimentar. A tendência será mesmo para subir.

Todavia, progresso e bem estar não é necessariamente desperdício. E não é se em vez de centralizar, se descentralizar. Se os fertilizantes naturais forem utilizados de modo crescente e racionalizado. Se aumentar a reciclagem.

Se se aumentar o aproveitamento das formas locais e renováveis de energia, pode aumentar-se a produção da terra e a produtividade e pode aumentar-se o bem estar sem degradar o ambiente.

Para o nosso país, a ilação é clara. Reduziremos a dependência na energia importada e aumentaremos o emprego e a produção alimentar, se aprendermos a lição que se extrai da experiência dos outros. Na Índia e no Pasquistão, que enveredaram pela concepção dos hiperindustrializados cada vez maior número morre de fome. O mesmo se passa em inúmeros países da América Latina. A China, onde tradicionalmente se morria de fome, atingiu praticamente a auto-suficiência, adoptando uma política de maior equilíbrio com a Natureza.

3. ENERGIA E INDÚSTRIA

Aplicando a análise energética à produção de alguns materiais de uso corrente verificam-se os seguintes valores:

QUADRO I

CONTEÚDO ENERGÉTICO DE PRODUTOS BASE

(Kwh por tonelada)

Produto	E. U. A.	Reino Unido	Média Mundial
Aço em bruto	12.600	10.540	10.500
Alumínio	67.200	91.000	91.000
Cobre	21.000	12.800	20.000
Zinco	14.700	19.000	20 000
Cimento	2.300	2.200	2.200
Chapa de vidro	7.200	6.250	6.250
Plástico	29.000	45.000	45.000
Papel	6.400	7.500	7.500
Carvão	42	8.334	—
Urânio (de minério com 0,3 %)	—	383.000	—

(Segundo Lichtberg, Chapman, Mortimer)

O efeito de reciclar aprecia-se na quadro II

QUADRO II

CUSTO ENERGÉTICO DOS PRODUTOS BASE USANDO RECICLAGEM (Kwh por tonelada)

Produto	A partir minério	A partir sucata	Média no Reino Unido
Cobre	20.000	2.500	12.750
Alumínio	91.000	3.000	27.000
Zinco	20.000	2.500	19.000
Chumbo	15.000	2.000	7.000
Aço	—	6.500	13.200

(Segundo P. D. Chapman)

Como se vê, a reciclagem de alumínio, por exemplo, exige 30 vezes menos energia do que a sua obtenção a partir do minério.

Por outro lado, fazendo análise de indústrias em termos de capital/posto de trabalho e energia/ /kg de produto, constata-se que em regra as actividades capital intensivo são também intensivas em energia.

Daqui se vê o absurdo a que pode conduzir uma industrialização com base em actividades capital intensivo quando dependemos tão fortemente do exterior em energia e capital e precisamos tão urgentemente de criar empregos.

4. ENERGIA E TRANSPORTE

Os quadros III e IV sintetizam o custo energético dos vários modos de transporte de passageiros e mercadorias na Europa.

QUADRO III

CUSTO ENERGÉTICO DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

Modo de transporte	Máxima Capacidade Teórica em passageiros	Ocupação média %	Consumo de energia em Kwh/passag. quilómetro
Bicicleta motorizada	1	110	0,20
Automóvel:			
— pequeno (em cidade)	4	40	0,50
— médio	5	32	0,75
— grande	5	32	1,06
Autocarro urbano	95	20-25	0,25
Metropolitano (eléctrico)	300	15-20	0,11
Caminhos de Ferro:			
— locomotiva Diesel (percurso inferior 100 Km)	100 passageiros/ /carruagem	38	0,29
— tracção eléctrica longa distância	100	38	0,09

Segundo «Energy Conservation: Ways and Means» da «Future Shape of Technology Foundation» 1974

QUADRO IV

CUSTO ENERGÉTICO DO TRANSPORTE DE MERCADORIAS

Modo de transporte	Kwh/tonelada quilómetro
Caminho de Ferro:	
— Mercadoria geral	0,12
— Mercadoria pesada	0,11
Camião:	
— De 20 toneladas	0,18-0,30 (*)
— De 12 toneladas	0,24-0,39 (*)
— De 7 toneladas	0,32-0,46 (*)
— De 0,75 toneladas	1,49-2,10 (*)
Fluvial: reboque+6 barcaças	0,16
Aéreo (1000 Km p. viagem)	3,73

(*) O valor mais elevado refere-se a transporte urbano. O mais baixo a estrada rural ou outra.

Segundo «Energy and other Consequences of Freight Transfer to Rail» O. E. C. D. 1974.

A imediata ilação coincide com o que a intuição e bom senso revelam: a superioridade do transporte colectivo sobre o individual e o do transporte ferroviário sobre os restantes.

Acrescente-se que as nossas capacidades potenciais na fabricação de carris e de material ferroviário é quase total e que o custo de uma via dupla rápida, sendo embora semelhante ao de uma autoestrada, permite uma capacidade de tráfego várias vezes superior e exige muito menos espaço.

Parece, pois, que a nossa política de transporte devia incidir no transporte colectivo, combinando as grandes linhas ferroviárias com interligações rodoviárias por autocarro. Todavia, e tal como em 3. importa salientar que, se a análise energética tem sido perigosamente esquecida, nem por isso se advoga que ela seja o critério absoluto. No caso dos transportes, por exemplo, *o transporte individual nas zonas rurais tem uma enorme importância pois, se o transporte colectivo é susceptível de vir a ligar todas as povoações, a sua rede não pode certamente vir a servir convenientemente a exploração agrícola isolada. O veículo automóvel que interessa produzir para esta utilização não é, porém, com certeza, do mesmo tipo que o citadino gostaria de possuir para ir por auto-estrada de Lisboa ao Porto.*

5. ENERGIA E ELECTRICIDADE

Segundo E. Friedman, consultor para assuntos de energia do Banco Mundial, nos países em desenvolvimento, embora a produção de energia eléctrica absorva 60 a 80 % do investimento total no sector de energia, a energia eléctrica não representa mais do que 15 a 25 % da energia total utilizada.

A energia eléctrica é uma forma cómoda de energia ,nalguns casos insubstituível mas que não deve, por esse facto, ser sobrevalorizada como o tem sido. A sobrevalorização da produção em grandes centrais e da distribuição em grandes redes, é não só anti-económica como fortíssimo agente de concentração em grandes centros urbano-industriais. No caso português, onde ainda ninguém exigiu responsabilidades aos responsáveis pelo hipervulnerável e tecnicamente deficiente sistema que possuimos, responsáveis esses que continuam à frente do sector e forçam o nuclear, a situação roça o absurdo que todos nós vamos pagando com os aumentos de tarifas.

Ora energia não é só electricidade. Se estamos à espera que seja a electrificação rural (a da exploração agrícola e não a da sede da freguesia) a resolver os problemas de energia na agricultura, morreremos de fome antes de o conseguirmos. A electricidade é um agente precioso de bem-estar que não deve malbaratar-se dado o baixo rendimento em termos de combustível importado que implica a sua produção. A produção de electricidade deve descentralizar-se, usar fontes renováveis e gratuitas (sol, vento, ondas biogás) e a rede eléctrica geral deve entender-se como a via de ligação entre centros dispersos e não como a distribuição pelo País duma produção centralizada. O transporte de energia sob forma de electricidade é anti-económico a partir de 150 a 200 km comparado com outros meios. Este valor de 150 a 200 km é o que se verifica em muitos países. Como a C. P. E. continua a não nos fornecer os elementos que lhe solicitámos para obter o seu valor para o caso português, só é possível fazer estimativas indirectas baseadas em dados escassos. Estes apontam para 15 % de perdas de energia eléctrica na rede (valor muito elevado comparado com outros países) e para 1200 contos/km como ordem de grandeza média para o transporte em alta tensão.

Para os que pensam ainda no nuclear, lembremos que a importação de urânio enriquecido é a importação de energia concentrada, em cuja concentração se juntou a energia da extracção do urânio do minério respectivo e, sobretudo, a energia necessária ao seu enriquecimento. Por isso, o custo do urânio enriquecido que teria de importar-se incorporaria não só o custo da energia no país que o enriquece como ainda o custo decorrente do monopólio do fornecedor.

6. ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS

Na política energética deve distinguir-se o imediato, o curto, o médio e o longo prazo.

Os resultados da análise energética, anteriormente referidos, não podem olvidar-se numa política de energia, tal como é inadmissível pensar que o custo de energia voltará alguma vez mais aos tempos áureos do petróleo quase gratuito.

De forma sintética teremos:

1.º — *Medidas imediatas:* melhor utilização dos combustíveis importados e da electricidade disponível. Está hoje demonstrado (ver plano para 1976 da Agência Nacional Americana para a Energia: E. R. D. A.) que é mais rentável o investimento na melhor utilização da energia do que na produção de energia útil. Tal política significará para nós criar mais empregos e novas actividades,. Sem alterar em nada os padrões de qualidade de vida, uma simples melhoria de utilização levará a economias de 10 a 30 % nas importações. Entre nós, até agora, ouvimos falar em poupança. As medidas preconizadas são tão caricatas que preferimos usar o termo «conservação da energia útil», pois o termo poupança lembra logo restrição na circulação automóvel aos fins-de-semana, combutíveis e tarifas de electricidade mais elevadas, transportes colectivos mais caros, etc. ...

Além disso, continuação do programa de Térmicas Clássicas diversificando-as eventualmente para carvão, legislação permitindo a ligação à rede a preços equitativos da produção local autónoma ou subsidiária de outras actividades.

2.º — *Curto prazo:* (1 ~ 2 anos)

— Incremento do transporte colectivo, melhorando o serviço e o rendimento energético.
— Análise energética sistemática de toda a economia.
— Lançamento da utilização de energia solar para fins domésticos, agrícolas (secagem, conservação de alimentos) e industriais.
— Arranque e prospecção das potencialidades globais quanto a energia das ondas, geotérmica, eólica e solar. Continuação da prospecção petrolífera.
— Lançamento de indústrias novas motivadas pelo plano de conservação.
— Reciclagem de materiais.
— Centros locais de produção de electricidade.
— Revisão dos planos de saneamento básico na óptica do bem-estar e da utilização agrícola local dos fertilizantes orgânicos e da reciclagem.
— Utilização de combustíveis e motores em esquemas integrados de «energia total».
— Lançamento dos projectos e obras necessárias ao aproveitamento de todos os recursos hídricos numa óptica de fins múltiplos.

3.º — *Médio prazo:* (— ~ 5 anos)

— Incremento da utilização de energia solar e eólica e estruturação das correspondentes actividades industriais, valorizando a pequena e média indústria local.
— Arranque de instalação protótipo de aproveitamento da energia das ondas de acordo com os resultados dos ensaios preliminares.
— Eventual lançamento de aproveitamentos geotérmicos.
— Estruturação das actividades ligadas à reciclagem.
— Lançamento de grandes planos integrados e descentralizados de produção de energia.
— Utilização de combustíveis locais (gás orgânico, álcool, lenha, etc.) em equipamento adequado.
— Lançamento de novas vias ferroviárias e fabricação do respectivo equipamento.
— Fabricação de maquinaria agrícola.
— Melhoria dos transportes rurais e lançamento do fabrico de veículos adequados.

4.º — *Longo prazo:* (— ~ 10 anos)

— Centrais de produção de energia eléctrica a partir de energia das ondas se os resultados anteriores o justificarem.
— Utilização generalizada dos recursos hídricos.
— Utilização generalizada de centrais térmicas de fins múltiplos segundo o conceito de energia total.
— Utilização generalizada da reciclagem.
— Utilização generalizada da energia solar e eólica.
— Utilização generalizada de combustíveis de origem agrícola em máquinas agrícolas.
— Utilização generalizada de tratamento biológico de desperdícios.
— Utilização generalizada de pesticidas biológicos.
— Utilização generalizada de biogás.

Deve notar-se que a listagem é meramente indicativa e que o curto e médio prazo devem começar a preparar-se desde já. As implicações de tais alternativas energéticas numa concepção global da sociedade, são óbvias. Dela decorre a descentralização, o aumento generalizado dos postos de trabalho e o equilíbrio regional.

Pela particular importância e globalidade de que se revestem os problemas energéticos deveria ser criado no imediato um Instituto Nacional de Energia que conjugasse e apoiasse a nível interministerial toda a política de energia e ajudasse a corrigir a óptica parcelizada que foi a regra até hoje. Tendo criado um Instituto Nacional de Electricidade, o VI Governo pareceu não só incapaz de se libertar de vícios anteriores, como se corre ainda o risco de os vir acentuar.

C. D. U. 621.47

Aproveitamento da energia solar em Portugal [1]

J. J. DELGADO DOMINGOS
Prof. Catedrático I. S. T.
C. T. A. M. F. U. L.

RESUMO

Faz-se uma sucinta descrição das aplicações da energia solar e analisam-se as possibilidades actuais do país quanto ao lançamento em larga escala da utilização de energia solar. Apontam-se como primeira meta as utilizações da energia solar no aquecimento. Esboça-se um programa concreto de actuação.

SUMMARY

A brief review of solar energy utilization is done, in connection with present capabilities of implementation on the portuguese market. It is shown that a first goal to achieve is the use of solar energy in heating applications. A plan of action in Portugal is sketeched.

1. ALGUNS VALORES SOBRE A ACTUAL SITUAÇÃO ENERGÉTICA DO PAÍS

Prevê-se para 1977 que a importação de combustíveis líquidos ronde os 22 milhões de contos(²). O consumo de electricidade no país em 1975 foi de 10 000 Gwh devendo atingir em 1976 cerca de 11 000 Gwh.

Quanto aos combustíveis líquidos, os dados publicados pela Direcção Geral dos Combustíveis correspondentes ao 2.º trimestre de 1976 revelam que das 1 363 129 toneladas consumidas nesse período, 10% tiveram como destino os serviços públicos e domésticos e 32,1% a indústria transformadora. Estas percentagens são típicas na distribuição sectorial. O sector de produção de electricidade absorveu, por si só, 20,5% do consumo (279 000 t).

Por outro lado, o valor médio anual da energia solar incidente no continente português é de aproximadamente 1 752 Kwh/m² ou seja de 1 752 Gwh/km². O consumo de electricidade em 1975 foi, portanto, sensivelmente igual à energia solar incidente na superfície de 5,7 Km², ou seja, 0,006% do território nacional (0,01% da superfície agrícola; 0,02% da superfície florestal — em 1974 segundo o I. N. E.).

Os números anteriores dão uma imagem do que pode representar o nosso recurso natural inesgotável chamado energia solar!

2. APROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR

O aproveitamento integral da energia solar incidente numa superfície é, fisicamente, impossível. Na fotossíntese o rendimento máximo em clima temperado situa-se entre os 0,3 e os 0,5% nas culturas habituais. Trata-se de uma conversão de energia solar em energia química. Numa célula solar, a conversão directa em energia eléctrica situa-se nos 10%. Num colector solar plano bem projectado o valor instantâneo da conversão no aquecimento de água 20° C acima do ambiente anda pelos 60%, e o valor médio anual pelos 50%. Considerando as perdas na acumulação e transmissão, tal valor descerá para os 40%. Os valores são meramente indicativos e destinam-se a situar o problema do aproveitamento no seu contexto. Efectivamente, e sempre que se trata de uma fonte gratuita de energia, o que condiciona a utilização é o custo do equipamento; o rendimento da conversão que se visa é o que minimiza o custo final da energia na utilização.

Actualmente, a utilização da energia solar cobre um domínio extremamente vasto que vai das células solares em satélites de comunicações, aos postos de radiotelefone em autoestradas; à produção de energia eléctrica em pequenas unidades usando um ciclo termodinâmico (p. ex. em Israel e na Argélia) e colec-

(¹) Tema de um palestra na Profabril em 18/11/76, a convite da C. T.

(²) Valores divulgados pela imprensa a propósito do Plano e Orçamento Geral do Estado para 1977. O aumento em escudos relativamente a 1976 é sobretudo devido à inflação a qual ultrapassa largamente o aumento do consumo real em toneladas de combustível.

tores planos, às instalações protótipo destinadas a grandes potências e usando dispositivos de concentração; a fornos de fusão em que se procuram temperaturas muito elevadas (p. ex. Odeilo, em França); à dessalinização da água utilizando destilação solar directa (p. ex. Grécia, Israel, Austrália...), à secagem de frutos, madeira, forragem (p. ex. E. U. A., Austrália); à refrigeração; à cozinha solar; ao aquecimento doméstico, etc.

Em termos de tecnologia utilizada, pode afirmar-se que encontramos todos os níveis, desde a mais rudimentar e artesanal até à mais complexa e sofisticada. Cada país, seja qual for o seu grau de desenvolvimento e de capacidade tecnológica, tem possibilidades, usando os seus próprios recursos, de utilizar esta fonte de energia no melhoramento das condições de vida dos seus habitantes. No caso de Portugal, trata-se de identificar as áreas propícias de intervenção tendo em conta a situação concreta que enfrentamos e a evolução desejável no futuro.

3. UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR EM PORTUGAL

No panorama actual do país, os seguintes aspectos não podem ser esquecidos:

a) Enorme dependência energética do exterior e acentuado desequilíbrio da balança de pagamentos.
b) Elevado número de desempregados.
c) Capacidades produtivas subaproveitadas.
d) Acentuada carência de habitações sociais.
e) Condições de vida extremamente desfavoráveis em imensas áreas, sobretudo nas regiões do interior.
f) Elevada dependência do exterior em produtos alimentares e repercussão extremamente desfavorável na balança de pagamentos.

Tendo-os em conta, ocorrem imediatamente as questões:

a) Que contributo pode dar um aproveitamento da energia solar para a sua solução?
b) Quais as prioridades a fixar num plano de acção em larga escala.
c) Quais os encargos envolvidos e as repercussões do esforço a curto e longo prazo.
d) Quais as condições necessárias para que tal programa seja viável?
e) Que garantias oferece tal programa quanto à exequibilidade dos objectivos propostos?

Procuraremos responder no curto tempo de que dispomos a estas questões, que desejaríamos se tornassem o cerne mesmo do debate. Esse debate envolve questões puramente técnicas e questões sociais e políticas. Tentemos separá-las. Por outro lado, sendo preocupação fundamental o curto e médio prazo, ponhamos de lado toda a especulação acerca da viabilidade de aplicações que se encontram no domínio da investigação e dos protótipos, para nos cingirmos aos casos em que existem aplicações comprovadas há longos anos. Soluções e aplicações que entraram já no domínio industrial, que não apresentam problemas científicos ou tecnológicos desconhecidos e que se não expandiram mais porque as condições económicas devidas aos combustíveis fósseis muito baratos lhes eram fortemente adversas. Este domínio, é o domínio da utilização da energia solar como fonte de calor a baixa temperatura. É o domínio do conforto da habitação, da secagem, da dessalinização, das estufas solares, etc. É o domínio que genericamente podemos considerar como o do colector plano, na medida em que ele é o conversor fundamental da energia solar em calor. Tal conversão pode ser desejável — e o colector é então especialmente concebido para essa finalidade — ou indesejável, caso em que se procura, utilizando energia, reduzir o efeito.

4. AQUECIMENTO DE ÁGUA E AR CONDICIONADO

A utilização da energia solar deve neste caso, necessariamente, ser considerada a dois níveis:

a) A que naturalmente incide no imóvel e vai afectar o seu regime térmico.
b) A que é especialmente captada para finalidades específicas.

O primeiro nível tem sido largamente desprezado. Num certo modo de encarar a arquitectura tem sido considerado um inconveniente. No entanto, uma correcta implantação, um dimensionamento adequado das superfícies envidraçadas e uma escolha conveniente de materiais de construção é susceptível, com as nossas condições climatéricas, de proporcionar quase integralmente as temperaturas mais aconselhadas para o conforto. Desprezar este aspecto, reflecte-se, posteriormente, em muito maiores exigências de consumo de energia «artificial». No inverno, para aquecer. No verão para arrefecer.

Antes da explosão da energia barata dos combustíveis fósseis, a arquitectura tinha características regionalizadas porque uma tradição multisecular aprendera a adaptar a construção ao clima. Depois, com a energia barata, passou a fabricar-se um clima para a habitação... com a agravante de em muitos casos não se dispor de energia para o fazer ou de orçamento para o sustentar.

Mesmo na construção luxuosa dos nossos dias, o modo como entre nós, por exemplo, se projecta e constrói o ar condicionado ou o simples aquecimento, é altamente lesivo duma racional economia. Tipicamente, usam-se entre nós normas estrangeiras de projecto, como por exemplo o «Carrier». Um exame da validade de algumas tabelas que nele figuram, como por exemplo os da chamada temperatura equivalente feito por um dos investigadores do nosso grupo mostram valores perfeitamente aberrantes que

conduzem directamente a sobredimensionamento das instalações. Análises desse tipo, que têm em conta a inércia térmica do edifício, revelam que a ideia aparentemente óbvia de começar a aquecer (ou arrefecer) quando se sente desconforto, ou se inicia o trabalho no imóvel, conduz o mais das vezes a aquecer (ou arrefecer) demasiado, para em seguida se ter de operar em sentido contrário ...e ficar constipado. O gasto de energia nas múltiplas compensações excede largamente o necessário para estabelecer as temperaturas previamente fixadas para o conforto óptimo!

O exemplo não se refere a título de curiosidade. O exemplo frisa-se para acentuar que, a prevalecer tal filosofia, a utilização da energia solar ao nível *b*) acima referido, isto é, através de captores e acumuladores especialmente concebidos para o efeito, ou leva a sobredimensionamentos excessivos, ou à insatisfação generalizada e à descrença no seu uso prático para este efeito.

Efectivamente, a energia solar obtida por um colector não tem a flexibilidade que confere um aquecimento eléctrico, por exemplo. Deste modo, se a energia eléctrica está disponível, e com reforço suficiente acomoda largos erros de projecto, instalação e operação... que se reflectem na conta de energia ao fim do mês mas não na temperatura que se pretendia na água ou no ambiente, a energia solar não é tão benevolente pois não podemos ligar-nos ao Sol por... um cabo eléctrico!

Ao avaliar actuais instalações em Portugal, é fulcral, antes de extrair conclusões, examinar aqueles aspectos. De facto, como não temos energia solar disponível em quantidades arbitrárias no momento que se deseja, a utilização de energia solar numa instalação implica sempre que se preveja um aquecimento suplementar que cubra a ausência de Sol ou pontas inesperados de consumo. Se a concepção ou exploração do sistema não é adequada, pode suceder que o aquecimento suplementar de excepção se torne a regra... e a regra, que seria uma economia substancial, se torne a excepção.

Postas estas condições, a utilização de colectores solares e termoacumuladores de capacidade conveniente, tem no nosso país um vastíssimo campo de aplicação imediata na habitação individual, nos conjuntos hoteleiros, na habitação social, nas escolas, escritórios, etc., para a produção de água quente. A sua utilização nos sistemas de ar condicionado pode ser feita em vários escalões de complexidade crescente, de que a mais simples é a utilização como simples fonte de calor, a seguinte como fonte para bomba de calor; a mais complexa, como sistema integrado de acumulação inter-mensal. Não desenvolveremos este ponto porque ele exige como condição prévia um domínio da técnica do ar condicionado actualmente incipiente, ou aplicável apenas a sectores restritos.

5. DESSALINIZAÇÃO, SECAGEM, ESTUFAS

A produção de água doce a partir de águas salobras ou de água do mar é imediatamente viável. Trata-se de realizações tecnologicamente muito simples que envolvem apenas materiais de uso corrente no nosso mercado. A secagem, ao nível da exploração rural, tem um enorme campo de aplicação e o seu uso depende mais duma divulgação de princípios elementares e de projectos simples localmente realizáveis, que de grandes organizações industriais.

A secagem industrial, encontra-se em uso na Austrália, por exemplo, e não a incluimos já nesta fase.

A generalização de estufas, tem interesse assegurado no nosso país como meio, não apenas de expansão de culturas de outros climas mas também como modo de aumentar a produção de espécies habitualmente cultivadas. Esse aumento assenta no facto de o ciclo produtivo ser essencialmente determinado por condições de humidade e temperatura, que numa «estufa» são fáceis de controlar. A descoberta em Inglaterra da chamada «Técnica do Filme Nutriente», associada à utilização de estufas representa um espectacular avanço na utilização integral dos fertilizantes e na redução da poluição e contaminação decorrentes do modo habitual do seu uso. Os aumentos de produção por unidade de superfície são também consideráveis. Até o Hudson Institute a considera já a descoberta do século para a eliminação da fome!

As estufas tradicionais usam o vidro. Generaliza-se actualmente a utilização de coberturas de plástico do tipo utilizado em embalagens. É todo um novo campo de actividade que se abre e deveria merecer a nossa particular atenção, dada a situação do país no campo da produção alimentar.

6. LEVANTAMENTO DE POTENCIALIDADES E REALIDADES

Algumas entidades oficiais trabalhando no assunto são:

a) Centro de Termodinâmica Aplicada e Mecânica dos Fluidos das Universidades de Lisboa (C. T. A. M. F. U. L.) que se tem ocupado dos problemas básicos da transferência de calor. Dispõe actualmente de programas de cálculo automático que permitem a optimização de colectores solares planos e estuda as soluções e protótipos que se afiguram mais adequados ao nosso país. Ocupa-se ainda de superfícies colectoras e de conversão directa.

b) Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Porto: iniciou estudos de protótipos e realização de estudos base.

c) Instituto Geofísico Infante D. Luís: dedica-se de há longos anos à medição de radiação solar, possuindo informação relativa ao nosso país de enorme valor.